



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
FACULTAD INGENIERÍA  
CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

Costos de implementación BIM según su nivel de uso en planificación  
y diseño en la construcción en Ecuador

**Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Civil**

**Autores:**

Guzmán Paca, César Pachakutik  
Jeanco German Vargas Cedeño

**Tutor:**

**Phd. Tito Oswaldo Castillo Campoverde**

**Riobamba, Ecuador. 2025**

## DECLARATORIA DE AUTORÍA

Nosotros, César Pachakutik Guzmán Paca y Jeanco German Vargas Cedeño, con cédula de ciudadanía 0604962662 y 0604187260, autores del trabajo de investigación titulado Costos de implementación BIM según su nivel de uso en planificación y diseño en la construcción en Ecuador, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, a los 31 días del mes de enero de 2025.



César Pachakutik Guzmán Paca

C.I: 0604962662



Jeanco German Vargas Cedeño

C.I: 0604187260

## **DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR**

Quien suscribe, Phd. Tito Oswaldo Castillo Campoverde catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación Costos de implementación BIM según su nivel de uso en planificación y diseño en la construcción en Ecuador, bajo la autoría de César Pachakutik Guzmán Paca y Jeanco German Vargas Cedeño; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 28 días del mes de enero de 2025



Ing. Tito Oswaldo Castillo Campoverde Phd.

C.I: 1801857440

## CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación Nombre completo del trabajo, presentado por Nombre completo del autor, con cédula de identidad número indique número de cédula, bajo la tutoría de Dr./ Mg. (según aplique) Nombres Completos del Tutor; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba a los 31 días del mes de enero de 2025.

Ing. Vladimir Pazmiño  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO**



Ing. Carlos Saldaña  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



Ing. Andrea Zarate  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**





Dirección  
Académica  
VICERRECTORADO ACADÉMICO

*en movimiento*



UNACH-RGF-01-04-08.15  
VERSIÓN 01: 06-09-2021

# CERTIFICACIÓN

Que, **GUZMÁN PACA CÉSAR PACHAKUTIK** con CC: **0604962662** y **VARGAS CEDEÑO JEANCO GERMÁN** con CC: **0604187260**, estudiantes de la Carrera **INGENIERÍA CIVIL**, Facultad de **INGENIERÍA**; han trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN BIM SEGÚN SU NIVEL DE USO EN PLANIFICACIÓN Y DISEÑO EN LA CONSTRUCCIÓN EN ECUADOR**", cumplen con el 3%, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **COMPILATIO MAGISTER**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 28 de ENERO de 2025

Ing. Tito Oswaldo Castillo Campoverde PhD.  
**TUTOR(A)**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi familia, cuyos valores de humildad, respeto y honestidad me han acompañado en cada paso de mi vida. Su amor y ejemplo me han enseñado que el verdadero esfuerzo radica en la perseverancia, y que la resiliencia se cultiva en los momentos de dificultad. Gracias a su apoyo, he aprendido que cada caída es solo una oportunidad para levantarme con más fuerza.

*César Pachakutik Guzmán Paca*

Todo gran éxito requiere superar dificultades con perseverancia y fuerza de voluntad; sin embargo, contar con herramientas, buena compañía y predisposición lo hace más llevadero. Dedico este logro a Dios, por su presencia diaria y la fortaleza que me brinda, y a mis padres, cuyo amor y sacrificio han formado en mí las cualidades necesarias para ser una buena persona. Agradezco también a mis hermanos, primos, amigos, compañeros y todas aquellas personas que, con su cariño y apoyo, han sido parte de este proceso. Este gran paso en mi vida profesional es también un reconocimiento a quienes me acompañaron en este camino académico.

*Jeanco German Vargas Cedeño*

## AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a mi familia, que con su amor incondicional me ha enseñado el valor de la perseverancia, la humildad y la honestidad. Su apoyo constante me ha impulsado a seguir adelante en este camino. A mis queridas gatitas, cuya compañía silenciosa y leal me recuerda la importancia de la paciencia y el disfrute de los pequeños momentos. Junto a ellas he encontrado en la calma de sus presencias un refugio para mis pensamientos y mis inquietudes. Mi gratitud también se extiende a aquellos que, desde diferentes perspectivas, me han ofrecido su crítica constructiva y aliento, permitiéndome crecer y reflexionar.

*César Pachakutik Guzmán Paca*

Agradezco en primer lugar a Dios, por ser mi guía y fortaleza, brindándome salud, sabiduría y perseverancia para alcanzar esta meta. A mis padres, por su amor, sacrificio y ejemplo, que me han inspirado a esforzarme y dar lo mejor de mí; su apoyo incondicional ha sido fundamental para llegar hasta aquí. A mis hermanos, por su constante aliento y compañía, siendo una motivación importante en este recorrido. Y a mis amigos, quienes con su amistad y comprensión me ayudaron a sobrellevar momentos de estrés y cansancio, ofreciéndome su apoyo en cada paso. A todos, gracias por ser piezas clave en este logro.

*Jeanco German Vargas Cedeño*

# ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA	
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
RESUMEN	
ABSTRACT	
CAPÍTULO I. INTRODUCCION .....	16
1.1    Antecedentes.....	16
1.2    Planteamiento del Problema.....	16
1.3    Objetivos .....	17
1.3.1    General .....	17
1.3.2    Específicos.....	17
1.4    Justificación.....	17
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO. ....	18
2.1    Estado del Arte .....	18
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA. ....	20
3.1    Flujo de la estrategia de investigación .....	20
3.2    Diseño de la investigación.....	21
3.2.1    Búsqueda bibliográfica.....	21
3.2.2    Herramientas para la medición de las variables.....	21
3.2.3    Muestreo.....	23
3.2.4    Preprocesamiento de datos .....	23
3.2.5    Análisis descriptivo.....	25
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	26
4.1    Resultados .....	26
4.1.1    Búsqueda bibliográfica.....	26
4.1.2    Herramientas de medición.....	26
4.1.3    Muestra.....	27
4.1.4    Nivel de Uso de la metodología BIM (BUA).....	28
4.1.4.1    Análisis estadístico de variabilidad.....	28
4.1.5    Costos al implementar la metodología BIM.....	31



4.1.5.1	Capacidad del personal.....	32
4.1.5.2	Sueldos .....	33
4.1.5.3	Capacitaciones .....	34
4.1.5.4	Capacidad Tecnológica .....	35
4.1.5.5	Hardware (HRDW) .....	37
4.1.5.6	Software (SFTW).....	38
4.1.5.7	Conectividad (CNCTV) .....	40
4.1.5.8	Espacio de Trabajo.....	40
4.1.5.9	Porcentajes de participacion de las categorías en los costos totales.....	42
4.1.5.10	Análisis descriptivo de los costos según el nivel de uso BIM .....	43
4.1.6	Capacidad del personal y el nivel de uso BIM .....	43
4.1.6.1	Porcentajes de capacitación y tasas de reducción .....	43
4.1.6.2	Costos de las capacitaciones según el nivel de uso BIM.....	44
4.1.6.3	Roles BIM y cantidad de empleados.....	45
4.1.6.4	Salarios según el nivel de uso BIM.....	45
4.1.6.5	Capacidad tecnológica y el nivel de uso BIM .....	46
4.1.6.6	Costos por adquisición de equipos (HRDW) según el nivel de uso BIM.....	46
4.1.6.7	Herramientas o plataformas de modelado (SFTW) según el nivel de uso BIM....	47
4.1.7	Espacio del trabajo y el nivel de uso BIM.....	48
4.1.7.1	Área y cantidad de empleados según el nivel de uso BIM .....	48
4.1.7.2	Costos totales y el nivel de uso BIM.....	49
4.1.7.3	Costos generales unitarios según el nivel de uso BIM (Simplificación) .....	50
4.2	Discusión.....	51
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES.....		58
5.1	Conclusiones.....	58
5.2	Limitaciones .....	58
5.3	Recomendaciones .....	59
CAPÍTULO VI. PROPUESTA .....		60
BIBLIOGRAFÍA .....		61
ANEXOS.....		65

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Niveles BIM–una descripción generalizada por cada nivel. ....	21
Tabla 2 División de los costos desglosados en el primer y siguientes años al implementar BIM en el Ecuador .....	24
Tabla 3 Muestra de la investigación: Empresas contactadas .....	27
Tabla 4 Costos totales al implementar BIM en empresas del Ecuador .....	31
Tabla 5 Resumen de los costos de la capacidad del personal al implementar BIM en empresas del Ecuador .....	32
Tabla 6 Costos desglosados referente a la capacidad tecnológica al implementar BIM en empresas del Ecuador.....	36
Tabla 7 Resumen de los costos del espacio de trabajo al implementar BIM en empresas del Ecuador .....	40
Tabla 8 Costos desglosados sobre el espacio de trabajo al implementar BIM en empresas del Ecuador .....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flujo de la metodología.....	20
Figura 2. Diagrama de cajas y bigotes de los niveles de usos BIM de todas las empresas .....	29
Figura 3. Diagrama de cajas y bigotes de los niveles de usos BIM de las empresas en nivel promedio 4 .....	30
Figura 4. Presencia de los roles BIM en empresas del Ecuador .....	33
Figura 5. Gráfico de burbujas sobre los roles y salarios medios anuales presentes al implementar BIM .....	33
Figura 6. Frecuencia relativa de los rangos en la capacitación al implementar BIM en empresas del Ecuador .....	34
Figura 7. Resumen de los costos de la capacidad tecnológica al implementar BIM en empresas del Ecuador .....	35
Figura 8. Frecuencia relativa del año del lanzamiento de los procesadores presentes en los equipos tecnológicos en todas las empresas.....	37
Figura 9. Distribución de los costos por cada adquisición los equipos tecnológicos al implementar BIM en empresas del Ecuador.....	38
Figura 10. Promedios globales de los porcentajes de incurrencia de los costos asociados al software al implementar BIM en empresas del Ecuador.....	39
Figura 11. Distribuciones de los porcentajes de participación de las categorías en los costos totales al implementar BIM en empresas de Ecuador.....	42
Figura 12. Tasas de reducción y porcentaje de capacitación según el nivel de uso BIM en empresas del Ecuador.....	43
Figura 13. Número de roles BIM y cantidad de empleados según el nivel de uso BIM promedio en empresas del Ecuador.....	45
Figura 14. Distribución de los costos de la adquisición del equipo tecnológico en empresas de nivel de uso BIM promedio 4.....	46
Figura 15. Distribución de los costos de la adquisición del equipo tecnológico en empresas de nivel de uso BIM promedio 3 y 2.....	46
Figura 16. Frecuencias relativas de herramientas o plataformas BIM presentes en las empresas del Ecuador según su nivel de uso.....	47
Figura 17. Área de las empresas según el nivel de uso BIM y relación entre los empleados vs el área de trabajo de empresas en el Ecuador .....	48
Figura 18. Costos totales según el nivel de uso BIM en empresas del Ecuador .....	49
Figura 19. Costos per cápita al implementar BIM según el nivel de uso en el Ecuador .....	51
Figura 20. Costos por área de trabajo al implementar BIM según el nivel de uso en el Ecuador ....	51

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Registro de las respuestas en la plantilla de la herramienta BUA de la empresa VK .....	65
Anexo 2. Registro de las respuestas en la plantilla de la herramienta BUA de la empresa JR.....	66
Anexo 3. Registro de las respuestas en la plantilla de la herramienta BUA de la empresa YL.....	67
Anexo 4. Registro de las respuestas en la plantilla de la herramienta BUA de la empresa GN .....	68
Anexo 5. Registro de las respuestas en la plantilla de la herramienta BUA de la empresa DO .....	69
Anexo 6. Registro de las respuestas en la plantilla de la herramienta BUA de la empresa OG .....	70
Anexo 7. Registro de las respuestas en la plantilla de la herramienta BUA de la empresa CN .....	71
Anexo 8. Registro de las respuestas en la plantilla de la herramienta BUA de la empresa KS .....	72
Anexo 9. Registro de las respuestas en la plantilla de la herramienta BUA de la empresa XG .....	73
Anexo 10. Gráfico de barras sobre el porcentaje del uso “Estimación de costos” .....	74
Anexo 11. Gráfico de barras sobre el porcentaje del uso “Planificación de fases” .....	74
Anexo 12. Gráfico de barras sobre el porcentaje del uso “Análisis de sitio” .....	74
Anexo 13. Gráfico de barras sobre el porcentaje del uso “Programación espacial” .....	75
Anexo 14. Gráfico de barras sobre el porcentaje del uso “Revisión de diseño” .....	75
Anexo 15. Gráfico de barras sobre el porcentaje del uso “Validación de normativa o código de construcción” .....	75
Anexo 16. Gráfico de barras sobre el porcentaje del uso “Análisis de sostenibilidad” .....	76
Anexo 17. Gráfico de barras sobre el porcentaje del uso “Análisis de ingeniería” .....	76
Anexo 18. Gráfico de barras sobre el porcentaje del uso “Desarrollo del diseño BIM” .....	76
Anexo 19. Gráfico de barras sobre el porcentaje del uso “Coordinación 3D” .....	77
Anexo 20. Porcentajes de empresas en el Ecuador según su nivel de uso BIM .....	77
Anexo 21. Capacidad del personal (Salarios): Frecuencia relativa de la presencia de los rangos salariales al implementar BIM en empresas del Ecuador.....	77
Anexo 22. Capacidad tecnológica (HRDW): Frecuencia relativa de la intensidad del tipo del procesador en los equipos tecnológicos en todas las empresas .....	78
Anexo 23. Capacidad tecnológica (HRDW): Frecuencia relativa de la intensidad de la cantidad de RAM en los equipos tecnológicos en todas las empresas .....	78
Anexo 24. Capacidad tecnológica (HRDW): Frecuencia relativa de la intensidad de la cantidad de almacenamiento en los equipos tecnológicos en todas las empresas .....	78
Anexo 25. Capacidad tecnológica (HRDW): Frecuencia relativa de la intensidad de la presencia de tarjetas de video dedicadas (GPU) o integradas (IGP) en los equipos tecnológicos en todas las empresas .....	79
Anexo 26. Capacidad tecnológica (HRDW): Gráfico de violín y tabla de distribución de las densidades sobre de los costos de adquisición del equipo tecnológico en todas las empresas.....	79
Anexo 27. Capacidad tecnológica (SFTW): Frecuencia relativa de la intensidad de las herramientas o plataformas BIM dedicadas al modelado de información en todas las empresas .....	80
Anexo 28. Capacidad tecnológica (CNCTV): Frecuencia relativa de la presencia de los entornos comunes de datos o servicios de almacenamiento en la nube en todas las empresas .....	80

Anexo 29. Capacidad tecnológica (CNCTV): Frecuencia relativa de la presencia de los servicios de almacenamiento en la nube en todas las empresas .....	80
Anexo 30. Capacidad tecnológica (CNCTV): Frecuencia relativa de la presencia de los distribuidores de servicios de entornos comunes de datos y comunicación en todas las empresas .....	81
Anexo 31. Capacidad tecnológica (CNCTV): Frecuencia relativa de la intensidad de los costos asociados con los servicios para la conectividad en todas las empresas .....	81
Anexo 32. Capacidad del personal (Capacitación) y nivel de uso BIM: Frecuencia relativa de la presencia de los costos anuales por profesional.....	81
Anexo 33. Capacidad del personal (Salario) y nivel de uso BIM: Frecuencia relativa de la presencia de los salarios promedios anuales por profesional en base al rol BIM .....	82
Anexo 34. Capacidad tecnológica (SFTW) y nivel de uso BIM: Distribución de los costos con respecto al software al implementar BIM en empresas del Ecuador .....	83
Anexo 35. Costos unitarios y nivel de uso BIM: capacidad del personal (capacitación) y capacidad tecnológica .....	84
Anexo 36. Formato de encuesta en línea para identificar el nivel de uso BIM (exportado) .....	85
Anexo 37. Formato de entrevista dirigida a las empresas para obtener los costos al implementar la metodología BIM.....	96

## **RESUMEN**

Building Information Modeling (BIM) se ha consolidado como una herramienta esencial en la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción (AEC), mejorando la coordinación, eficiencia y precisión de los proyectos. No obstante, en Ecuador, su adopción enfrenta obstáculos significativos, como elevados costos iniciales, limitaciones tecnológicas y falta de estandarización normativa. Este estudio describe los costos en empresas que implementan BIM en las fases de planificación y diseño de proyectos de construcción, considerando el nivel de uso en nueve empresas de distintas provincias ecuatorianas. Se emplearon la herramienta BIM Use Assessment (BUA) y entrevistas estructuradas para clasificar los niveles de uso de BIM y cuantificar costos en tres categorías: capacidad del personal, capacidad tecnológica y espacio físico. Los resultados concluyen que la implementación de BIM en niveles avanzados es viable, sin incrementos sustanciales en los costos de adopción. Este trabajo establece un marco innovador para evaluar la viabilidad económica de BIM en economías en desarrollo, analizando los costos asociados. Además, propone estrategias para superar barreras actuales y fomentar su adopción, con un impacto significativo en futuros estudios comparativos y contribuciones a la investigación regional en Latinoamérica.

**Palabras claves:** BIM, costo, implementación, nivel, planificación, diseño

## ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM) has become an essential tool in the architecture, engineering, and construction (AEC) industry, improving coordination, efficiency, and project accuracy. However, in Ecuador, its adoption faces significant challenges, such as high initial costs, technological limitations, and a lack of regulatory standardization. This study examines the costs of companies implementing BIM in the planning and design phases of construction projects, considering the level of use in nine companies from various provinces in Ecuador. The BIM Use Assessment (BUA) tool and structured interviews were used to classify BIM usage levels and quantify costs in three categories: personnel capacity, technological capacity, and physical space. The results conclude that implementing BIM at advanced levels is feasible without substantial increases in adoption costs. This work establishes an innovative framework for evaluating the economic viability of BIM in developing economies by analyzing the associated costs. Additionally, it proposes strategies to overcome current barriers and promote adoption, with significant implications for future comparative studies and contributions to regional research in Latin America.

**Keywords:** BIM, cost, implementation, level, planning, design.



Reviewed by:  
Mg. Dario Javier Cutiopala Leon  
**ENGLISH PROFESSOR**  
c.c. 0604581066

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCION**

### **1.1 Antecedentes**

La metodología del Building Information Modeling (BIM), enfocada en la tecnología para la creación y gestión de información digital a lo largo del ciclo de vida de proyectos de construcción, ha experimentado un creciente nivel de adopción a nivel mundial, lo que ha generado diversas investigaciones sobre su implementación en diferentes contextos. Estudios realizados en países como Estados Unidos, China, Reino Unido, Corea del Sur y Australia (Liu et al., 2019) se han centrado en el desarrollo de tecnologías emergentes y la evaluación de la metodología en distintas etapas de los proyectos de construcción.

Por otro lado, en países en vías de desarrollo, donde existen iniciativas de implementación en parte de empresas privadas y en términos de regulación normativa dentro de países como México, Chile, Brasil y Perú, ya han realizado proyectos para futuros mandatos con relación al BIM (Machado et al., 2021) así como esfuerzos recientes de los miembros de la Red BIM Latinoamericana.

En Ecuador, la adopción de BIM en la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción (AEC) ha sido limitada, especialmente en lo que respecta al trabajo en equipo y la gestión integral de los proyectos. Factores como la aversión al cambio, la falta de estandarización gubernamental, el alto costo de inversión y la escasez de personal con competencias en BIM han contribuido a esta situación. A pesar de conocer el nivel de implementación de BIM en el país (Arellano et al., 2021), existe una falta de información precisa sobre los recursos económicos necesarios para adoptar esta metodología, lo que dificulta que las empresas y profesionales del sector puedan evaluar adecuadamente los beneficios y riesgos asociados.

### **1.2 Planteamiento del Problema**

Aunque se tiene conocimiento del nivel de implementación de BIM en Ecuador, las causas de su estado actual y su influencia en los costos de construcción, existe una falta de información precisa sobre los recursos económicos necesarios para adoptar esta metodología por parte de las empresas constructoras. Estos costos pueden variar en función del nivel de comprensión de la metodología por parte de los interesados, lo cual se ve afectado por la escasez de personal con competencias en BIM y la disponibilidad limitada de información en el medio.

La falta de información clara y precisa sobre los costos de implementación de BIM en Ecuador dificulta que las empresas y profesionales del sector de la construcción puedan evaluar adecuadamente los beneficios y riesgos asociados. Sin una comprensión clara de la inversión necesaria, resulta difícil para las organizaciones planificar y presupuestar proyectos de manera efectiva, lo que puede llevar a una falta de adopción de BIM en Ecuador.

A continuación, se presentan los objetivos que se llevaron a cabo para lograr resolver la problemática planteada.



### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 General**

- Conocer el costo de implementar la metodología BIM en las fases de planificación y diseño de los proyectos de construcción en el Ecuador según su nivel de uso.

#### **1.3.2 Específicos**

- Evaluar empresas ecuatorianas con proyectos de construcción utilizando la herramienta BIM Use Assessment (BUA) para determinar su nivel de uso de BIM.
- Entrevistar, en base a un cuestionario, a los gerentes de empresas constructoras sobre el costo de los recursos utilizados cuando implementan BIM (capacidad del personal, capacidad tecnológica y el espacio de trabajo).
- Obtener y analizar el costo total de los recursos al implementar la metodología en cada nivel de uso BIM.

### **1.4 Justificación**

La importancia de esta investigación radica en proporcionar información clave sobre los costos asociados a la implementación de BIM en Ecuador. Esto permitirá a la industria de la construcción comprender el valor económico mínimo o las tendencias en las cuales trabaja la industria actual para adoptar adecuadamente esta metodología en sus proyectos. Además, al compartir las experiencias y conocimientos de las empresas que ya utilizan BIM, se busca incentivar a más actores de la industria a adoptar esta metodología, influyendo en la cultura y generando la necesidad de regulaciones gubernamentales mandatorias en el país. Y sienta las bases para futuros análisis conjuntos en el contexto regional de Latinoamérica, permitiendo comparar y contrastar diferentes experiencias en la implementación de BIM en la región.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

### 2.1 Estado del Arte

La industria de la construcción en el Ecuador necesita cambiar de mentalidad e incentivar estudios que enfoquen sus objetivos en la adaptación de nuevas filosofías y metodologías a su realidad económica, que le permitan mejorar la eficiencia durante la etapa de la planificación, realizar un buen manejo de los recursos disponibles en la etapa de desarrollo y en consecuencia una satisfactoria culminación del proyecto (Merizalde, 2017).

La implementación de Building Information Modeling (BIM) en el sector de la construcción ha sido objeto de diversas investigaciones, especialmente en contextos de países en desarrollo. A pesar de sus evidentes beneficios en términos de eficiencia operativa y reducción de errores en las fases de diseño y mantenimiento (Alasmari et al., 2023), la adopción de BIM enfrenta desafíos significativos que afectan su viabilidad financiera, tales como los elevados costos iniciales de inversión, la resistencia cultural y la falta de infraestructura tecnológica adecuada (Abdallah et al., 2023). Añadiendo a los mencionados, estudios recientes señalan que las barreras para la adopción incluyen la falta de estándares regulatorios claros y adecuada capacitación especializada, lo que limita la colaboración entre actores clave (AlJaber et al., 2023; Claudio & Salazar, 2022) como los arquitectos, ingenieros y contratistas.

Uno de los principales obstáculos asociados a la adopción de BIM es el costo. La inversión inicial requerida para la adquisición de software, hardware y la capacitación del personal es considerable (Salleh et al., 2023; Hong et al., 2019). Este aspecto es aún más relevante en economías en desarrollo, donde las empresas se ven limitadas por presupuestos restringidos y la falta de políticas gubernamentales de apoyo, lo que a menudo desencadena una baja tasa de adopción (Mohd Fateh & Aiman, 2022). Asimismo, la resistencia organizacional y la falta de competencias específicas entre los empleados dificultan la integración eficiente de BIM en las empresas de construcción (Bialas et al., 2019).

La literatura también señala la carencia de marcos estandarizados y métricas claras para evaluar los beneficios tangibles e intangibles de la implementación de BIM, lo cual agrava la percepción de que esta tecnología representa una carga financiera difícil de justificar (Salleh et al., 2023; Ren et al., 2019). Sin embargo, estudios previos han identificado que los beneficios intangibles, como la mejora en la comunicación interdepartamental, la precisión documental y la coordinación espacial, pueden contrarrestar parcialmente los altos costos iniciales, justificados a largo plazo por la reducción de errores y modificaciones durante las fases tempranas del proyecto (Abdallah et al., 2023).

A pesar de los costos asociados, diversos estudios destacan que las empresas arquitectónicas experimentan un impacto desproporcionado en su rentabilidad, debido a la resistencia al cambio por parte de clientes y stakeholders, junto con los aumentos en los costos operativos y de capacitación (Jasiński, 2020). Este fenómeno es especialmente relevante en mercados emergentes, donde las empresas enfrentan mayores dificultades económicas para asumir la adopción de BIM como un estándar universal.

Estudios destacan que las funciones específicas de BIM, tales como la planificación y la estimación precisa de costos, son particularmente útiles en la reducción de errores y

retrasos, lo que, a su vez, mejora la rentabilidad de los proyectos a medida que avanzan (Alasmari, et al., 2023; Lu et al., 2014). La adopción de BIM, por lo tanto, se presenta como una inversión estratégica que, si bien requiere un compromiso inicial considerable, tiene el potencial de generar un retorno significativo en términos de eficiencia operativa, precisión de los costos y gestión de los recursos a largo plazo.

En el contexto ecuatoriano actual sobre la metodología BIM y el aspecto económico en relación con los costos operativos y administrativos, el estudio llevado a cabo por Moyón & Samaniego (2023) muestra un presupuesto de \$4 045 dólares, donde se identifican exclusivamente recursos tecnológicos como: equipo informático, programas (Revit) y conectividad a la red. Pero se debe resaltar que no se toma en cuenta el tipo de proyecto al que se aplicará. Por otro lado, Maya Santacruz (2018) analiza la viabilidad económica de BIM, estimando una inversión total anual de \$278 683.44 para una firma conformada por 9 profesionales, en el proyecto Torre Tumbaco (caso de estudio), donde se examinan aspectos como: costo de implementación (equipos computacionales y licencias de programas) y costo de capacitación.

Tras lo expuesto, la literatura nacional solo ofrece cantidades en diversos marcos de análisis destacando que no existe un precedente como tal de medición en las inversiones iniciales para implementar BIM y sin determinar o categorizar a los proyectos bajo una misma escala. Para ello, la herramienta BIM Use Assessment (Rojas et al., 2019) se fundamenta en la investigación existente, especialmente en los trabajos realizados por la Universidad Estatal de Pensilvania (Kreider & Messner, 2013), y ha permitido clasificar y evaluar diversos usos de la metodología BIM en proyectos de construcción. Para llevar a cabo este análisis, se han identificado una serie de categorías de uso dentro de la metodología BIM, las cuales se consideran fundamentales para determinar su correcta aplicación en los proyectos constructivos, las cuales son: estimación de costos, planificación de fases, análisis de sitio, programación espacial, revisión del diseño, validación de código, análisis de sostenibilidad, análisis de ingeniería, desarrollo del sistema BIM, coordinación 3D. Y, además en el ámbito de los costos se consideró la definición de los recursos necesarios para implementar la metodología BIM basados en los pilares: estrategia; personas; estándares y procesos; y tecnología (Soto & Manríquez, 2023) e incluyendo el espacio físico de trabajo donde se desenvuelven los profesionales.

La teoría expuesta forma parte de la toma transversal de los costos actuales en la implementación del BIM con un marco orientado a las fases de diseño y planificación y el nivel de uso de la metodología. Asimismo, esperando servir como base para que futuras empresas analicen la viabilidad de la inversión inicial, con el fin de fomentar el crecimiento y la adopción de esta metodología en la industria AEC (arquitectura, ingeniería y construcción) de Ecuador.

## CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.

Este estudio se enmarca en un alcance descriptivo, cuyo objetivo es analizar los costos y niveles de uso de la metodología BIM en las fases de planificación y diseño dentro de empresas ubicadas en Ecuador. La investigación adoptó un enfoque cuantitativo, complementado con herramientas cualitativas (encuestas y entrevistas) y cuantitativas (análisis descriptivo). A continuación, se detalla el proceso metodológico empleado para la obtención y análisis de los datos.

### 3.1 Flujo de la estrategia de investigación

El flujo de la metodología investigación, ilustrado en la Figura 1, proporciona una representación visual clara y sistemática de las etapas y procedimientos llevados a cabo en este estudio. El siguiente diagrama ilustra las fases principales de la investigación, desde la recopilación de información y datos hasta el análisis y la interpretación de resultados, permitiendo identificar de forma precisa cómo se relacionan las actividades metodológicas entre sí.

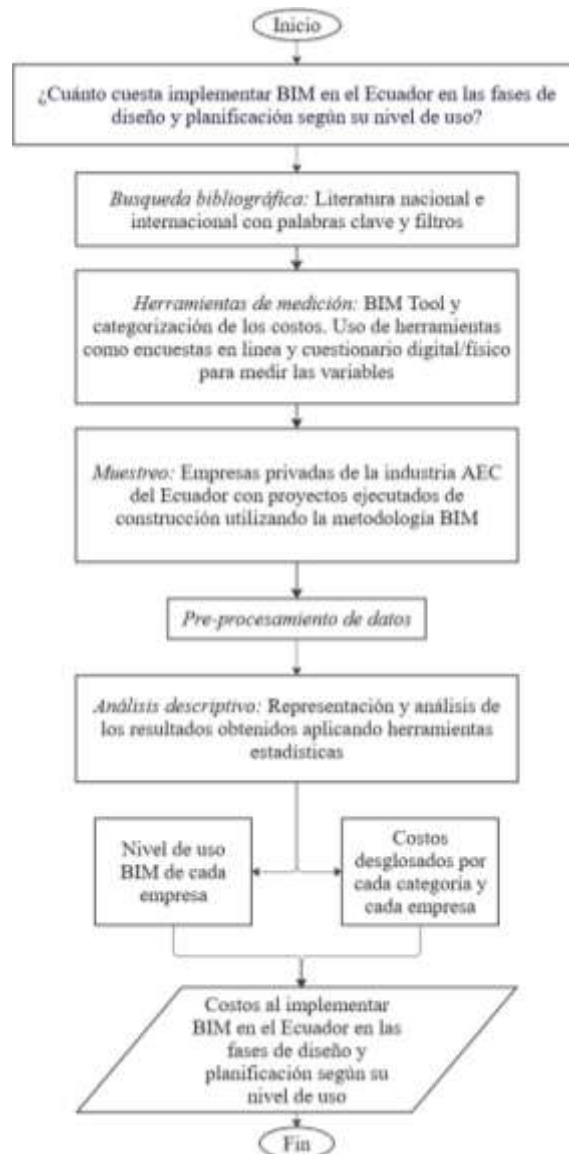


Figura 1. Flujo de la metodología

## 3.2 Diseño de la investigación

### 3.2.1 Búsqueda bibliográfica

Se recopiló, identificó y consultó fuentes de información relevantes, como libros, artículos académicos, tesis, revistas científicas y otros documentos, que se relacionaron con el tema tratado en la presente investigación.

Este proceso se basó en 3 etapas, en la primera etapa tuvo lugar una investigación primaria con ayuda de motores de búsqueda a través de palabras clave y herramientas de filtro además de delimitar el tiempo de publicación de las referencias a 5 años (2019 – 2024) como máximo para obtener información actualizada.

Las palabras clave principales utilizadas en los motores de búsqueda como SCOPUS® fueron: BIM, costos, nivel, uso, planificación, diseño e inversión, así como sus traducciones al inglés. Así también se escogieron las áreas más afines a la búsqueda tales como ingeniería, construcción y arquitectura. Y se limitó a las palabras clave como BIM, costos, inversión, manejo y se excluyó a aquellas que no tenían una relación inmediata con la investigación como energía, IoT, blockchain, sostenibilidad, entre otras.

En la segunda etapa se realizó un tamizaje o selección mediante la revisión de los resúmenes y conclusiones de las fuentes encontradas en la primera etapa para seleccionar las más pertinentes a la investigación.

En la tercera etapa se realizó una búsqueda en cadena para encontrar más fuentes relevantes y enriquecer el marco de referencia de la investigación. Y a la par, se revisó a lectura completa todas las fuentes resultantes de la segunda etapa y las encontradas en la búsqueda en cadena obteniendo como resultado la bibliografía utilizada en el presente estudio.

### 3.2.2 Herramientas para la medición de las variables

La obtención transversal de datos se basó en dos herramientas dentro del enfoque cuantitativo de la investigación, las cuales se describen a continuación. El nivel de uso BIM fue medido mediante la herramienta BUA (Rojas et al., 2019) que permite identificar los principales usos de BIM en fases de la planificación y el diseño, evaluando cómo se aplican estos usos mediante criterios predefinidos, contando con una plantilla de clasificación y una escala del 1 al 5 adaptada en la Tabla 1.

Tabla 1

*Niveles BIM—una descripción generalizada por cada nivel.*

Nivel	Descripción general
1	Métodos tradicionales (Modelos 2D)
2	Bajo uso del BIM y poca información en los modelos
3	Medio uso del BIM e información suficiente para el BIM
4	Alto uso de BIM
5	Uso completo de BIM; las mejores herramientas son utilizadas para realizar todas sus aplicaciones.

*Nota.* Adaptado de *Herramienta BIM Use Assessment (BUA) para caracterizar los niveles de aplicación de los usos BIM para la planificación y el diseño de proyectos de construcción* (p.3), por Rojas et al., 2019.

La obtención de datos para la medición del nivel de uso BIM se la llevó en un formato de encuesta online (Anexo 36) mediante los servicios de QuestionPro® en su licencia essentials, adaptado de la plantilla de entrevista brindada por Rojas et al. (2019). Las respuestas se registraron en la base de datos de la plataforma que posteriormente fueron exportados en formato excel (.xls) para su análisis.

La recolección de datos para la cuantificación de los costos se realizó a través de entrevistas presenciales y/o virtuales con los representantes de las empresas. Respaldadas por un cuestionario que consideró diversos recursos clasificados en tres categorías principales: (1) Capacidad del personal, que incluye salarios y formación continua; (2) Capacidad tecnológica, que abarca los costos asociados a hardware, software, así como la interoperabilidad y conectividad tecnológica; y (3) Espacio de trabajo, que contempla el área disponible, costos de arrendamiento, mobiliario, suministros y servicios básicos.

La justificación de realizar entrevistas apoyadas por un cuestionario convencional en formato digital o impreso, en lugar de encuestas online, se debió a las limitaciones que presentaban las opciones gratuitas y de paga de diversas plataformas en la web. La flexibilidad casi nula necesaria para captar ciertos tipos de respuestas en forma de matriz no permitía adaptarse adecuadamente para la toma de datos. Y en las plataformas que, si lo hacían, la adaptación de la encuesta a las capacidades de estas plataformas incrementaba la complejidad del proceso y alargaba considerablemente el tiempo necesario para completarla, lo que dificultaba la experiencia del usuario. En contraste, el formato convencional en físico o digital permitió una mayor personalización y facilitó la obtención de respuestas.

El cuestionario estuvo compuesto por preguntas tanto cerradas como abiertas, estas últimas en su mayoría fueron acerca de valores cuantitativos a fin de obtener respuestas que brindaron una naturaleza continua a ciertas variables. Su estructura convencional (Anexo 37), permitió obtener respuestas mayoritariamente en términos anuales, con el fin de proporcionar un panorama más amplio, considerando las características de los costos que varían a lo largo del tiempo.

Los rangos de costos utilizados para las variables salariales, de formación, área en metros cuadrados y arriendos se fundamentaron en fuentes bibliográficas relevantes, tales como la tabla de salarios mínimos sectoriales del Ecuador, el mercado de cursos especializados en la metodología BIM, las mediciones de oficinas locales dedicadas al diseño y planificación de proyectos de construcción, y la oferta de arrendamiento nacional extraída de plataformas digitales de publicidad.

La aplicación de las herramientas metodológicas siguió un orden establecido: primero se implementó la encuesta en línea y, posteriormente, se llevó a cabo la entrevista, en la cual las respuestas fueron registradas de manera sistemática en el cuestionario físico o en un documento digital (Word).

### **3.2.3 Muestreo**

Para este estudio, se utilizó un muestreo por conveniencia, debido a las limitaciones impuestas durante el desarrollo de la investigación (reservas en la proporción de datos). El proceso de selección se llevó a cabo en tres fases interrelacionadas:

- a) Se realizó una búsqueda preliminar para identificar empresas que emplearon BIM en las etapas de planificación y diseño en proyectos de construcción. Esta búsqueda abarcó tanto medios digitales, como redes sociales (LinkedIn, Facebook, YouTube, Instagram), como medios físicos, tales como visitas a zonas cercanas a entidades gubernamentales municipales y provinciales, cámaras de la construcción y ministerios.
- b) Se estableció un contacto directo con las empresas preliminarmente identificadas mediante correos electrónicos, llamadas telefónicas y visitas presenciales a sus oficinas, con el propósito de obtener su consentimiento para participar en el estudio.
- c) Se llevó a cabo una búsqueda exploratoria continua durante la recolección de datos, con el objetivo de identificar y contactar empresas adicionales que pudieran ser pertinentes para el estudio, garantizando así una muestra dinámica y representativa dentro de las limitaciones del contexto investigativo.

Este enfoque metodológico permitió la flexibilización del proceso de selección, adaptándose a las condiciones de disponibilidad y disposición de las empresas participantes, lo que facilitó la viabilidad del estudio y la obtención de datos relevantes para los objetivos de investigación.

### **3.2.4 Preprocesamiento de datos**

El preprocesamiento de los datos recopilados se realizó siguiendo un enfoque sistemático para asegurar su calidad, integridad y relevancia para el análisis. En primer lugar, se revisaron los datos para detectar y corregir posibles inconsistencias, errores de registro o duplicados. Posteriormente, se tabuló de forma estructurada las respuestas de ambas herramientas en hojas de cálculo clasificando cada respuesta por cada empresa que fue codificada a fin de mantener el anonimato.

Por parte de los costos, con las respuestas obtenidas se consiguió los totales anuales divididos en primer año y próximos al implementar la metodología BIM. Los rubros considerados en ambas divisiones se los describe a continuación:

*División de los costos desglosados en el primer y siguientes años al implementar BIM en el Ecuador*

<b>Categorías</b>	<b>Desglose de costos</b>	<b>Descripción</b>	<b>Primer Año</b>	<b>Siguientes Años</b>
Capacidad del personal	Salarios	Pago por servicios profesionales anuales	X	X
	Capacitaciones	Subvenciones por la empresa aparte del salario	X	X
Capacidad Tecnológica	Hardware (HRDW)	Adquisiciones de compra de equipos tecnológicos	X	
	Software primer año (SFTW)	Primera compra de licencias de programas o paquetes dedicados al modelado de información	X	
	Software anual (SFTW)	Igual o diferente al primer pago de la adquisición de herramientas de modelado, se mantiene constante (depende del contrato)		X
	Compatibilidad (CMPTB)	Costos dedicados a los complementos, Plug-ins, extensiones o API adicionales al paquete de modelado (en el presente estudio se encontró pagos únicos)	X	
	Conectividad anual (CNCTV)	Servicios de plataformas y herramientas digitales que integran los datos y comunican a todos los responsables del diseño y planificación de los proyectos	X	X
Espacio del trabajo	Arriendo	Pago por el área utilizada para la implementación de la metodología BIM	X	X
	Mobiliario	Ajustes y objetos físicos en materia de confort y comodidad usados por el personal	X	



Suministros	Insumos dedicados de forma directa o indirecta al adoptar la metodología BIM	X	X
Servicios básicos	Luz, agua, teléfono, internet, seguridad, mantenimiento, entre otros	X	X

---

Estas delimitaciones ayudaron a obtener un conjunto de datos depurado y consistente, adecuado para la realización de análisis estadísticos y garantizar la robustez de los resultados.

### 3.2.5 Análisis descriptivo

El análisis descriptivo de los datos recopilados se llevó a cabo con el objetivo de sintetizar y comprender sus características principales. Este análisis incluyó medidas de tendencia central (media, mediana, moda) y dispersión (rango Inter cuartil y percentiles 25, 50 y 75) para variables numéricas, así como frecuencias absolutas y relativas, y porcentajes para variables categóricas.

Gráficamente, se emplearon herramientas de visualización avanzadas, como diagramas de caja (boxplots) y gráficos de violín (violin plots), para explorar la distribución de los datos y detectar posibles valores atípicos o patrones relevantes. Los gráficos de violín, basados en la estimación de densidad kernel (KDE), permitieron observar simultáneamente la forma de las distribuciones y la concentración de los datos en diferentes intervalos.

Se utilizó un modelo lineal descriptivo para examinar tendencias generales y asociaciones preliminares entre variables continuas, sin extrapolar ni realizar inferencias predictivas. Esto permitió identificar relaciones lineales básicas y su posible relevancia en el contexto de los objetivos del estudio.

El análisis descriptivo se realizó empleando software especializado en cálculos, como Excel y Python, asegurando replicabilidad y precisión en el procesamiento de los datos. Estos procedimientos permitieron no solo caracterizar la muestra estudiada, sino también generar una base sólida para futuros análisis más complejos o inferenciales.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Resultados

A pesar de las limitaciones inherentes a este estudio, los resultados obtenidos revelaron varios hallazgos inesperados. En el presente capítulo, se abordarán y discutirán dichos hallazgos, así como sus posibles implicaciones. Este capítulo está estructurado en seis secciones. En primer lugar, se menciona sobre la cantidad de fuentes identificadas en la búsqueda bibliográfica. En segundo lugar, se proporciona una breve descripción de las herramientas empleadas en el estudio. A continuación, se ofrece una caracterización de la muestra participante en la investigación. Posteriormente, se exponen los resultados descriptivos relativos al nivel de uso BIM (BUA). En la quinta sección, se analizan los costos asociados con la implementación de BIM, y finalmente, se exploran las relaciones y asociaciones entre los diferentes factores identificados. Cada sección incluirá un análisis crítico, acompañado de una discusión concisa sobre el significado y las implicaciones de los hallazgos presentados.

#### 4.1.1 Búsqueda bibliográfica

La búsqueda de fuentes relevantes para el estudio dió como resultado la construcción del marco teórico y la selección de las referencias empleadas en las discusiones presentadas en las secciones *II.I. Estado del arte* y *IV.II. Discusiones*, respectivamente. En total, se recopilaron 48 fuentes bibliográficas, que constituyen la base documental de este trabajo.

El número de fuentes recopiladas refleja que, en relación con la metodología BIM y los costos asociados a su implementación, no existe una abundante literatura, especialmente en lo que respecta a la región latinoamericana. La mayoría de las fuentes encontradas provienen de estudios realizados en un contexto internacional, cuyo enfoque se aproxima a las situaciones y condiciones de la región, pero no abordan directamente sus particularidades.

#### 4.1.2 Herramientas de medición

La herramienta utilizada para la recopilación de datos sobre el nivel de uso BIM (BUA) fue una encuesta en formato digital, accesible en línea (Anexo 36), implementada a través de los servicios de QuestionPro® bajo su licencia Essentials. La encuesta contó con un total de 30 preguntas cerradas bajo la plantilla que proporciona Rojas et al. (2019). Y el tiempo promedio estimado de respuesta que se manejaron fueron de 5 a 15 minutos.

En lo que respecta a la recopilación de datos sobre los costos asociados, se empleó un cuestionario convencional, dispuesto en formato digital o impreso (Anexo 37), el cual permitió obtener respuestas predominantemente expresadas en términos anuales. Este enfoque fue seleccionado con el objetivo de ofrecer una visión más amplia y representativa, dado que los costos asociados a la implementación de BIM pueden presentar variaciones a lo largo del tiempo. El cuestionario abarcó las 10 variables principales que fueron agrupadas en 3 categorías dando un total de 12 preguntas principales. El tiempo tomado para la aplicabilidad de la entrevista basada en la encuesta fue de 1 a 2 horas dependiendo de las características de cada caso al ser estudiado.

### 4.1.3 Muestra

El objeto de estudio consistió en un total de nueve empresas, distribuidas en las provincias de Guayas, Santo Domingo, Azuay y Pichincha. Además, se procedió a identificar el alcance del mercado que estas empresas cubren, en función de los proyectos que han gestionado a lo largo de su trayectoria. Asimismo, se determinaron los perfiles de los representantes que participaron en la aplicación de la encuesta y la entrevista respaldada por cuestionario. A continuación, se detallan los aspectos mencionados de la caracterización de la muestra.

Tabla 3

*Muestra de la investigación: Empresas contactadas*

<b>Empresa</b>	<b>Alcance del mercado</b>	<b>Provincia</b>	<b>Participación</b>	<b>Puesto del representante</b>
WQ	Nacional	Pichincha	-	-
XA	Nacional	Guayas	-	-
FG	Nacional	Pichincha	-	-
ZX	Nacional	Azuay	-	-
YL	Internacional	Pichincha	X	BIM mánager
VK	Nacional	Guayas	X	Gerente de proyectos
PL	Nacional	Tungurahua	-	-
JR	Nacional	Santo Domingo de los Tsáchilas	X	Chief Operating Officer
GN	Nacional	Azuay	X	Chief Operating Officer
BH	Nacional	Pichincha	-	-
OG	Nacional	Pichincha	X	Gerente
JY	Nacional	Pichincha	-	-
CN	Internacional	Pichincha	X	Gerente de adquisiciones y contrato
IE	Nacional	Pichincha	-	-
DO	Nacional	Pichincha	X	BIM mánager
OP	Nacional	Chimborazo	-	-
AT	Nacional	Chimborazo	-	-
KS	Internacional	Pichincha	X	Jefe en arquitectura
XG	Nacional	Pichincha	X	Jefe en arquitectura
DH	Nacional	Chimborazo	-	-

Como se observa en la Tabla 3 las nueve empresas que aceptaron participar en el presente estudio cuentan con signo de “X” en la columna de participación y con un representante definido por la jerarquía interna para la labor de sus funciones ejecutivas. Las empresas que declinaron su participación en el estudio lo hicieron debido a su resistencia a

compartir información que consideraron de carácter sensible y potencialmente comprometedor para su seguridad y están reflejadas en la tabla con un signo de “-”.

#### **4.1.4 Nivel de Uso de la metodología BIM (BUA)**

El análisis de los niveles de uso de la metodología BIM en las empresas participantes revela una distribución predominante en los niveles superiores. De las nueve empresas incluidas en el estudio, seis se clasificaron en el nivel 4, dos en el nivel 3 y una en el nivel 2. Los resultados destacan que las áreas de análisis de sitio, programación espacial y revisión de diseño son donde la mayoría de las empresas alcanzaron niveles iguales o superiores al nivel 4, lo que subraya un enfoque avanzado en estas actividades clave.

Esto se puede entender mejor al considerar que en el uso, análisis de sitio (con un dominante nivel 5 – véase Anexo 12) no solo se limitan a visitas en obra donde se conoce el terreno por visualización y se extraen la información de manera tradicional, sino también el tipo de modelo: BIM o SIG; y análisis utilizados: con diferentes opciones/propuestas, además de, tomar en cuenta las condiciones ambientales del terreno (luz solar, vientos, etc.) son examinados con herramientas BIM.

Por otro lado, la programación espacial (con un dominante nivel 4 – véase Anexo 13) exhibe su nivel por motivo del manejo de reportes generados, en programas que contienen datos correspondientes a parámetros ya definidos según el BEP o plan de ejecución BIM.

Y en otro sentido, la revisión de diseño en la mayoría de las empresas (con un dominante nivel 4 – véase Anexo 14) cuenta con BIM y formatos establecidos donde la documentación se registra de manera formal, pero, no cuentan con apoyo de laboratorios inmersivos dedicados a la metodología.

La validación de normativas o códigos de construcción ha evidenciado una presencia notable en los niveles iguales o inferiores a 2 en la mayoría de las empresas. Este nivel se debe, a las consultas realizadas a los técnicos de cada área, quienes consideran datos parametrizados en un modelo BIM, aplicándose en más del 50% del sistema de información. No obstante, los datos recolectados indican un margen para la aplicabilidad automática. A pesar de contar con un modelo paramétrico, esta potencialidad no se aprovecha para implementar las reglas necesarias en los programas de modelado, con el objetivo de automatizar su uso.

##### **4.1.4.1 Análisis estadístico de variabilidad**

Se optó el uso de la herramienta “box-plot” o más conocida como “cajas y bigotes” para identificar la dispersión de los datos que pueda reflejar la homogeneidad de un conjunto de individuos y su comportamiento. La herramienta maneja los cuartiles, valores máximos, valores mínimos y la mediana, ayudando a identificar sesgos, alta/baja variabilidad y datos atípicos a fin de definir patrones o tendencias de la población de estudio.

En primer lugar, la siguiente Figura 2 presenta a todas las empresas participantes con sus correspondientes valores de niveles de uso en cada área.

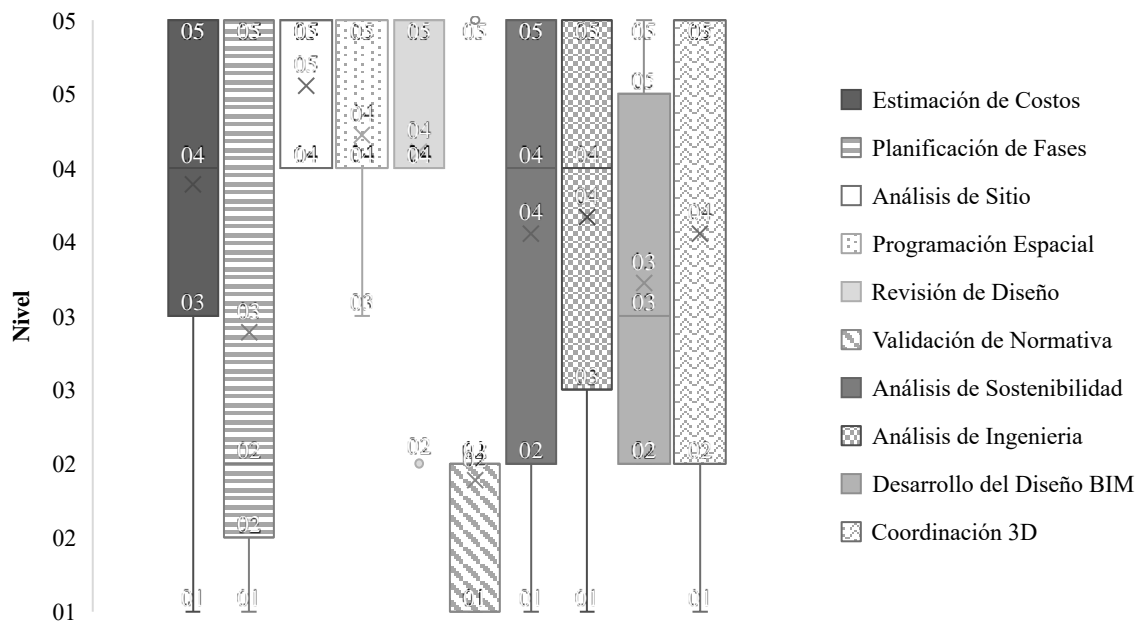


Figura 2. Diagrama de cajas y bigotes de los niveles de usos BIM de todas las empresas

Como se aprecia en la Figura 2, las áreas de aplicación de BIM: análisis de sitio, programación espacial, revisión de diseño y validación normativa, presentan una baja variabilidad, evidenciando una tendencia estable en los niveles de uso entre las empresas estudiadas. Esto sugiere que ciertas áreas de la metodología BIM, su aprovechamiento es generalizado, y el conocimiento necesario para su implementación resulta más accesible y/o asequible. Sin embargo, también se identifican otras áreas en las que persisten obstáculos, que bien pueden ser comunes, dificultan su adopción a niveles superiores.

De manera diferente, en las demás áreas existe un mayor rango intercuartílico (mayor variabilidad) como es el caso de la planificación de fases, análisis de sostenibilidad y coordinación BIM. Estas, si bien no son las únicas, demuestran la forma del manejo de cada empresa según la capacidad y recursos disponibles.

En el análisis la aparición de los datos atípicos relacionados con los usos de la revisión de diseño y la validación de normativa se puede atribuir a la naturaleza de las empresas involucradas. La empresa correspondiente al nivel 2 en la revisión de diseño no mantiene una periodicidad en la capacitación en metodología BIM, dependiendo únicamente del conocimiento previo del personal al ser contratado. En contraste, la empresa asociada con la validación de normativa de nivel 5 ofrece capacitación en metodología BIM y servicios de consultoría en proyectos de construcción.

Una vez realizado el análisis conjunto de todas las empresas en función de su variabilidad, se agruparon aquellas que alcanzaron un nivel promedio de 4 para llevar a cabo un análisis de dispersión de datos, similar al efectuado previamente. La elección de no extender este análisis a los otros niveles se fundamenta en la cantidad de datos disponibles, lo que restringe la aplicabilidad de la herramienta “box-plot” en esos contextos.

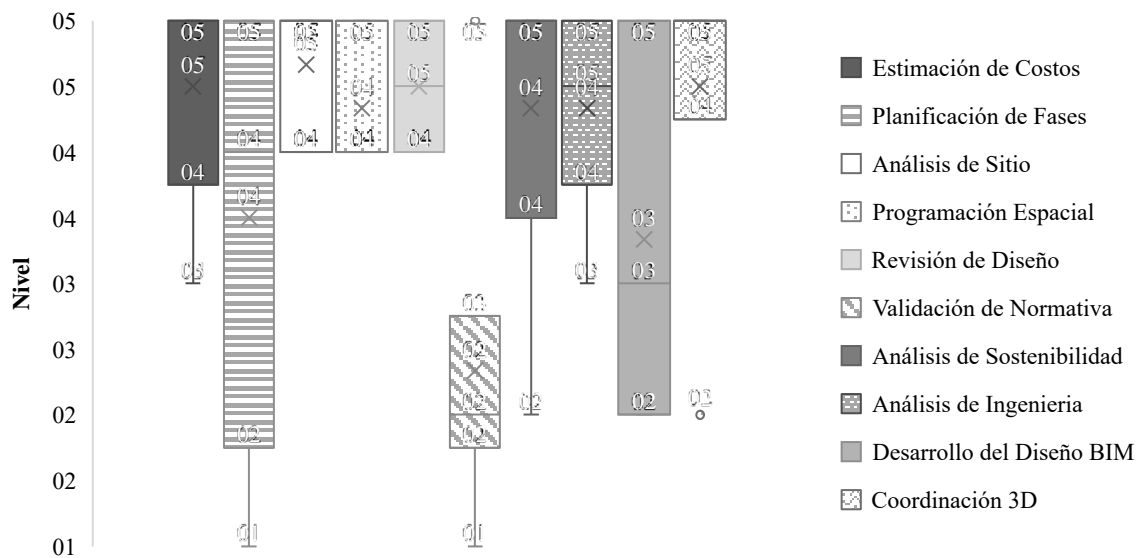


Figura 3. Diagrama de cajas y bigotes de los niveles de usos BIM de las empresas en nivel promedio 4

En la Figura 3, se presenta la frecuencia de datos correspondiente a la mayoría de los usos, situándose en niveles cercanos a 4, con ciertas variaciones evidenciadas por los bigotes. Destaca notablemente el alto valor del rango intercuartil en los usos de planificación de fases y desarrollo BIM. Esto sugiere que la gestión en estos ámbitos está condicionada por el flujo de trabajo y las prácticas específicas del personal de cada empresa al implementar BIM en la planificación o simulaciones de construcción, lo que a su vez influye en la definición de rutas de trabajo y en la identificación de colisiones entre diversas disciplinas.

Asimismo, se observa un valor de nivel 2 en la coordinación BIM, el cual constituye un dato atípico proveniente de una de las empresas que realiza sus análisis sin adoptar un enfoque más amplio orientado hacia la metodología BIM, limitándose a la automatización en la mayoría de sus sistemas de modelado 3D.

El aspecto más común entre la mayoría de las empresas, tras realizar el análisis previo, se manifiesta en un bajo nivel de 2 en el uso de la validación de la normativa o código de construcción vigente. Esto se relaciona con la resistencia a la automatización, a pesar de tener preparados otros elementos para su implementación. La normativa del país parece no facilitar un control automatizado, siendo obsoleta y/o ambigua, lo que lleva a depender de criterios basados en la experiencia de los profesionales. Estos criterios, sin embargo, no son fácilmente integrables en las herramientas y programas destinados al BIM, aunque se mantenga la conformidad legal. Como consecuencia, se generan costos y demoras que podrían ser reducidos, lo que permitiría optimizar el proceso y aumentar el valor del producto final. Además, una mayor automatización facilitaría un control más riguroso en los procesos de fiscalización y auditoría, evitando multas que incrementan los plazos y el financiamiento del proyecto.

#### 4.1.5 Costos al implementar la metodología BIM

En esta sección se presentan los resultados obtenidos a partir de los datos de las entrevistas realizadas a las empresas participantes, acompañados de un análisis de los aspectos más relevantes identificados. Se abordará inicialmente una visión general de los costos, seguida de una perspectiva detallada de cada uno de ellos.

A continuación, se incluye una tabla resumen de los costos analizados considerando un período anual, de modo que los resultados reflejen la implementación durante el primer año y los años subsiguientes.

Tabla 4  
*Costos totales al implementar BIM en empresas del Ecuador*

<b>Empresa</b>	<b>Primer año</b>	<b>Siguientes años</b>	<b>Tasa de Reducción</b>
CN	\$ 1 213 365.00	\$ 1 095 965.00	9.68%
KS	\$ 539 480.00	\$ 422 480.00	21.69%
YL	\$ 536 650.00	\$ 512 450.00	4.51%
GN	\$ 317 347.00	\$ 222 467.00	29.90%
OG	\$ 297 804.00	\$ 259 904.00	12.73%
XG	\$ 216 972.00	\$ 179 622.00	17.21%
DO	\$ 141 011.00	\$ 123 396.00	12.49%
JR	\$ 114 373.00	\$ 104 673.00	8.48%
VK	\$ 60 075.00	\$ 54 035.00	10.05%

En la Tabla 4, se muestra que la implementación al primer año siempre es mayor a los posteriores generándose una diferencia de cotización. Esto se refleja en la tasa de reducción teniendo como un valor inferior y superior a las empresas GN y YL, de manera correspondiente. Viendo que la empresa GN destaca con la tasa de reducción más alta, 29.90%, lo que sugiere una capacidad notable para optimizar sus costos en los años siguientes.

Se resalta que las empresas CN y YL cuentan con un costo inicial y de mantenimiento de la metodología BIM alto, y no necesariamente tienen las tasas de reducción más altas. Esto plantea la pregunta de si la inversión inicial está justificada en términos de reducción de costos a largo plazo. Por ejemplo, YL tiene una tasa de reducción del 4.51%, lo que es relativamente bajo en comparación con el costo inicial alto.

Las empresas como KS y XG muestran tasas de reducción significativas (21.69% y 17.21%, respectivamente), lo que sugiere que, a pesar de tener costos iniciales también altos, están logrando mantener la eficiencia a lo largo del tiempo. Esto podría indicar una inversión inteligente en las áreas de uso BIM que permiten la mejora en procesos.

Las empresas con costos iniciales más bajos, como VK, establecen un mínimo en el grupo de estudio, siendo JR la empresa más cercana, cuyos costos son el doble de la cotización de la primera mencionada.

#### 4.1.5.1 Capacidad del personal

El recurso humano dentro de la metodología BIM es uno de los pilares fundamentales para su aplicabilidad, los costos obtenidos referentes al rubro se dividen en los salarios y la capacitación ofrecida o cubierta por parte de la empresa a lo largo de un año.

Tabla 5  
*Resumen de los costos de la capacidad del personal al implementar BIM en empresas del Ecuador*

Empresa	Empleados	Capacitación	Sueldo	Total (Anual)	%Cap	%Sueldo
CN	40	\$ 192 000.00	\$ 620 000.00	\$ 812 000.00	24%	76%
KS	29	\$ 17 500.00	\$ 319 500.00	\$ 337 000.00	5%	95%
YL	7	\$ 161 000.00	\$ 258 500.00	\$ 419 500.00	38%	62%
GN	9	\$ 72 000.00	\$ 100 500.00	\$ 172 500.00	42%	58%
OG	9	\$ 60 300.00	\$ 181 000.00	\$ 241 300.00	25%	75%
XG	6	\$ 3 000.00	\$ 93 000.00	\$ 96 000.00	3%	97%
DO	5	\$ 5 000.00	\$ 77 500.00	\$ 82 500.00	6%	94%
JR	5	\$ -	\$ 64 500.00	\$ 64 500.00	0%	100%
VK	3	\$ 1 500.00	\$ 39 500.00	\$ 41 000.00	4%	96%

Según la Tabla 5, la empresa CN tiene el costo total más alto (\$812 000.00) y la mayor cantidad de empleados (40), lo que sugiere una estructura organizativa robusta y una estrategia orientada al crecimiento. En contraste VK muestra el costo total más bajo, con un total de \$41 000.00 con solo 3 empleados.

YL y GN se destacan por su significativa inversión en capacitación, con \$161 000.00 y \$72 000.00 respectivamente, representando el 38% y el 42% de sus costos totales. Estas cifras reflejan un fuerte compromiso con el desarrollo del personal, lo que puede favorecer la adaptabilidad y el desempeño en la implementación de la metodología BIM. Por otro lado, JR no invierte en capacitación, lo que podría comprometer la efectividad de su equipo en la adopción de innovaciones y repercutir al momento de implementación de la metodología.

La empresa XG destina un 97% de su presupuesto a sueldos, lo cual se justifica por su función como centro de capacitación en la metodología BIM y como asesores en el diseño y planificación de proyectos de construcción. En contraste, las empresas que asignan un porcentaje igual o inferior al 6% a la capacitación, sin ofrecer servicios similares a XG, se limitan a participar en las fases de diseño y planificación. Esta tendencia sugiere que priorizan la formación del personal, optimizando la adquisición de conocimientos de acuerdo con necesidades específicas, tal como indicaron durante las entrevistas, para no comprometer su flujo de caja.



#### 4.1.5.2 Sueldos

Otra característica analizada en el estudio fueron los roles BIM y los rangos salariales asociados en las empresas ecuatorianas.

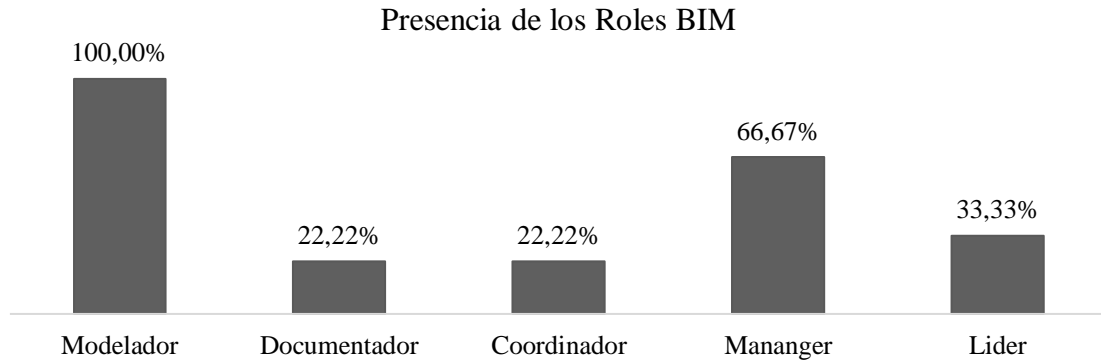


Figura 4. Presencia de los roles BIM en empresas del Ecuador

En la Figura 4, se presenta la clasificación de las funciones principales que desempeñan los empleados al implementar la metodología BIM. Se destaca que el rol de modelador está presente en todas las empresas estudiadas, lo que indica un enfoque prioritario en la creación de modelos, fundamental para el éxito de esta metodología.

El rol de mánager se encuentra en 6 de las 9 empresas (66.67%). Este resultado sugiere una clara necesidad de liderazgo en la implementación y gestión de proyectos BIM, lo que es crucial para coordinar las distintas fases del proceso.

En contraste, los roles de documentador y coordinador son los menos representados como responsabilidades principales. Esto puede reflejar una menor atención a la documentación y coordinación formal en comparación con el modelado y la gestión, o que las funciones de estos roles sean asumidas por los modeladores o el mánager de la empresa. En ambos casos, esta situación podría generar desafíos en la comunicación y el flujo de información, dependiendo del tamaño de la empresa o del proyecto en cuestión.

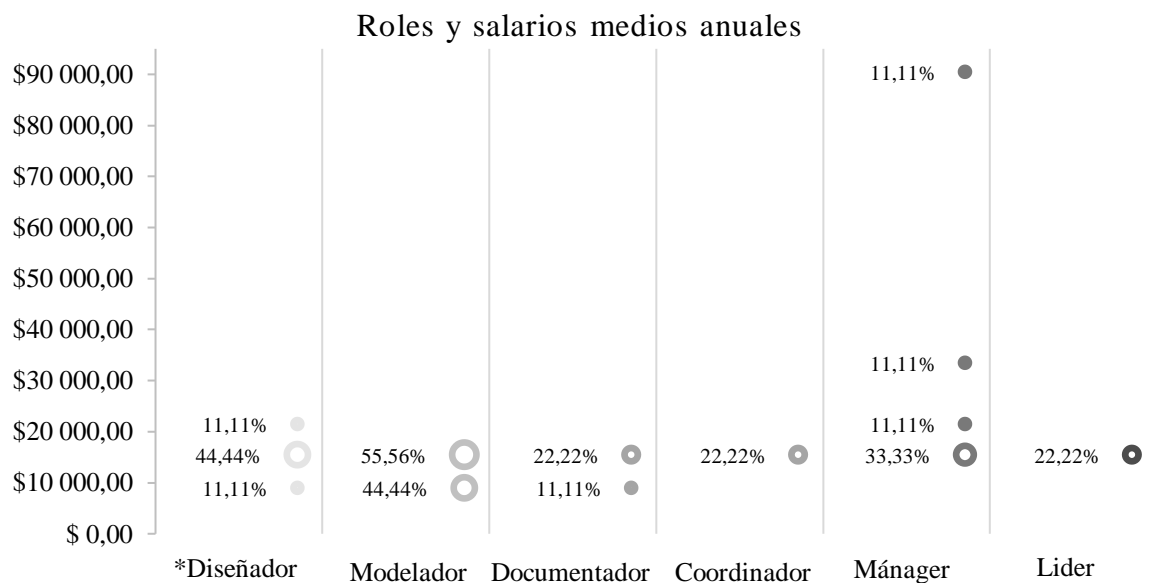


Figura 5. Gráfico de burbujas sobre los roles y salarios medios anuales presentes al implementar BIM

La Figura 5, ilustra los salarios medios anuales correspondientes a los rangos previamente descritos. En el eje de abscisas se representan los roles principales desempeñados por el personal, mientras que el eje de ordenadas indica el valor de los salarios en dólares estadounidenses. El tamaño de las burbujas refleja el número de empresas que asignan a cada profesional de las nueve participantes según su rol.

La mayoría de los empleados y roles se agrupan en rangos salariales medios anuales entre los \$6 000 y \$18 000, lo que señala una tendencia hacia la compensación moderada en este conjunto de empresas.

Es importante destacar el caso excepcional del salario anual del rol de *mánager*, que asciende a \$90 500.00. Este valor es singular, ya que, además de las responsabilidades inherentes a su clasificación, incluye funciones adicionales de coordinación y capacitación. Esta última función implica una carga significativa para la empresa, en términos de la inversión que se representa en su salario.

Cabe mencionar que el rol de *\*Diseñador* se refiere a aquellos profesionales que trabajan de manera independiente en su disciplina, apoyados por un ayudante o modelador BIM, quien facilita la integración de la información. Esta práctica es habitual en la industria ecuatoriana y contribuye a la centralización de datos, dependiendo del grupo BIM. Aunque uno de los principios de la metodología BIM es la participación cooperativa de todos los actores en la generación de un producto constructivo, su aplicación en proyectos de gran envergadura o en prototipos puede ser adecuada, especialmente en las fases iniciales o en retos vanguardistas a los Métodos tradicionales de una empresa.

Así, la división de roles y responsabilidades se adapta a las capacidades y el alcance de la empresa, emergiendo en función de las necesidades específicas del proyecto.

### 4.1.5.3 Capacitaciones

El costo de capacitación fue evaluado anualmente por empleado. Los resultados mostraron una variedad de valores que abarcan desde tres hasta cinco cifras. A continuación, se presenta el análisis de estos valores y sus implicaciones.

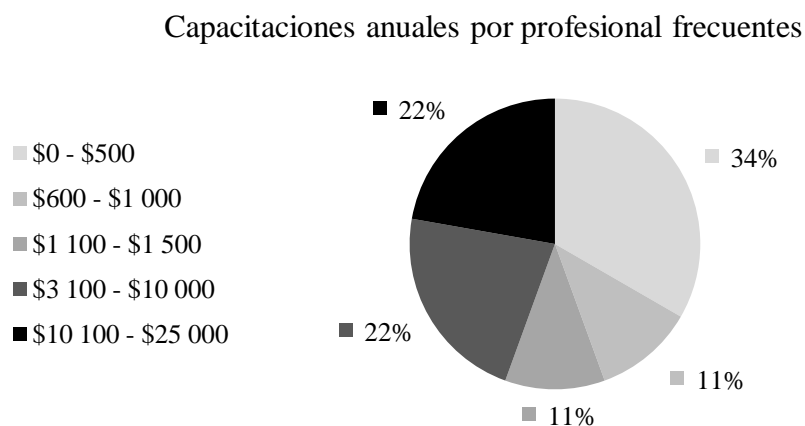


Figura 6. Frecuencia relativa de los rangos en la capacitación al implementar BIM en empresas del Ecuador

La Figura 6, presenta los resultados de los rangos relacionados con la capacitación según su periodicidad que son aplicados a todos los empleados que forman las empresas.

La mayor acumulación de las frecuencias de capacitaciones se encuentra con los rangos de \$0 - \$1 500, con un total de 5 ocurrencias. Esto indica que varias empresas optan por capacitaciones de bajo costo, probablemente debido a limitaciones presupuestarias o la percepción de que no es necesaria una inversión elevada.

Se registran dos ocurrencias en los rangos de \$3 100 - \$10 000 y \$10 100 - \$25 000, lo que sugiere que algunas empresas están dispuestas a invertir de manera más significativa en capacitación. Según la información recopilada durante las entrevistas, esta disposición se relaciona con la presencia de personal más calificado que proporciona formación continua e interna, considerándose dicha capacitación como un componente integral de la empresa en lugar de una carga adicional.

#### 4.1.5.4 Capacidad Tecnológica

En comparación con la capacidad del personal, que constituye un costo fijo anual, la infraestructura tecnológica presenta costos distintos en el primer año y en los años subsiguientes. Las adquisiciones físicas, que se mantienen durante un tiempo considerable hasta que surjan nuevas generaciones o requisitos de la empresa, se consideran costos de primera ocasión. En el caso de las adquisiciones digitales, los costos en base a las respuestas obtenidas consistieron en pagos únicos o en mantenimientos continuos, según lo estipulado en el contrato y el software. Estos aspectos fueron analizados y considerados en función de los costos del primer año y de los años próximos.

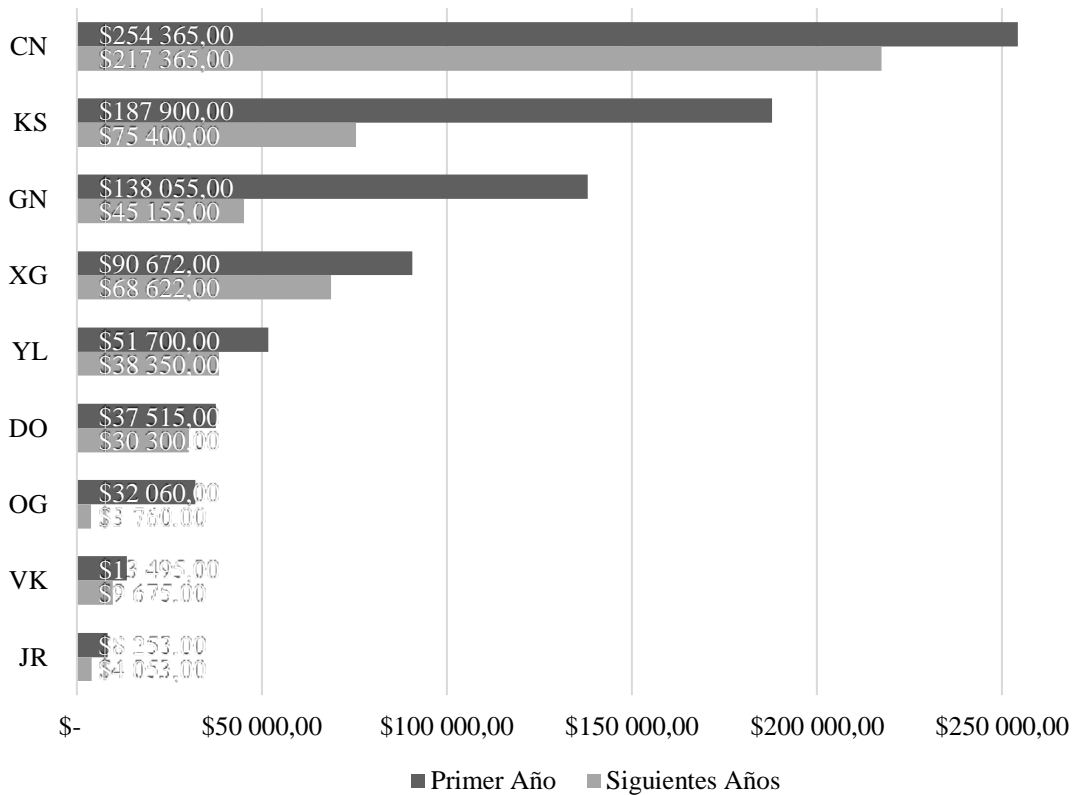


Figura 7. Resumen de los costos de la capacidad tecnológica al implementar BIM en empresas del Ecuador

En la Figura 7, se observa que la inversión inicial en tecnología puede ser alta, pero es notable que muchas empresas logran reducir significativamente sus costos en los años

posteriores. OG y JR, experimentan reducciones significativas en sus costos en los años siguientes, indicando un posible retorno sobre la inversión.

La cantidad de personal en cada empresa incide significativamente en los costos operativos. Por ejemplo, las empresas CN y KS, que cuentan con un mayor número de empleados, presentan costos más elevados. Esta tendencia puede atribuirse a la naturaleza del sector, en el cual los costos están estrechamente relacionados con la cantidad de equipos y licencias proporcionados para la ejecución de funciones vinculadas a la metodología. Esta estructura busca mantener una calidad uniforme en la infraestructura tecnológica, alineada con las competencias y roles definidos en el marco BIM.

Seguidamente se presenta la Tabla 6, que muestra los costos desglosados asociados con la capacidad tecnológica.

Tabla 6

*Costos desglosados referente a la capacidad tecnológica al implementar BIM en empresas del Ecuador*

<b>Empresa</b>	<b>HRDW primer año</b>	<b>SFTW primer año</b>	<b>SFTW anual</b>	<b>CMPTB primer año</b>	<b>CNCTV anual</b>
YL	\$ 13 300.00	\$ 26 400.00	\$ 26 400.00	\$ 50.00	\$ 11 950.00
VK	\$ 3 800.00	\$ 8 235.00	\$ 8 235.00	\$ 20.00	\$ 1 440.00
JR	\$ 4 200.00	\$ 4 053.00	\$ 4 053.00	\$ -	\$ -
GN	\$ 8 000.00	\$ 130 055.00	\$ 45 155.00	\$ -	\$ -
OG	\$ 5 500.00	\$ 24 400.00	\$ 1 600.00	\$ -	\$ 2 160.00
CN	\$ 37 000.00	\$ 179 565.00	\$ 179 565.00	\$ -	\$ 37 800.00
DO	\$ 6 800.00	\$ 22 800.00	\$ 22 800.00	\$ 415.00	\$ 7 500.00
KS	\$ 94 500.00	\$ 81 900.00	\$ 63 900.00	\$ -	\$ 11 500.00
XG	\$ 20 050.00	\$ 66 000.00	\$ 66 000.00	\$ 2 000.00	\$ 2 622.00

La mayoría de las empresas parecen priorizar las inversiones en software en lugar del hardware, lo que sugiere una dirección significativa en el financiamiento hacia la digitalización y el uso de herramientas de modelado e integración. Sin embargo, esta tendencia no disminuye la importancia de los recursos físicos, dado que la efectividad de las herramientas depende del equipo instalado.

Mientras que, los costos asociados a características extra para la interoperabilidad (CMPTB) son escasos, con solo 4 empresas reportando valores que pesan muy poco para los totales. Esto puede sugerir que muchas empresas no están priorizando la interoperabilidad o que sus herramientas digitales ya incluyen estas características.

Y, por otra parte, en las inversiones dedicadas a la conectividad (CNCTV) anualmente varían entre sí, desde \$1 440.00 (VK) hasta \$37 800.00 (CN), reflejando diferentes niveles de necesidad y compromiso con la coordinación y comunicación.

#### 4.1.5.5 Hardware (HRDW)

Seguidamente se describirá los aspectos más relevantes empezando por el hardware (HDRW). Los análisis realizados sobre las características de los equipos tecnológicos, tanto laptops como desktops, se centraron en identificar la presencia y representatividad de los componentes utilizados por las empresas.

En lo que respecta a los procesadores, se observó una considerable aceptación del producto creado por Intel®, denominado “Intel® Core™ i7”, que presenta una frecuencia relativa del 74% en comparación con los demás procesadores registrados: Intel® Core™ i5, i9; AMD Ryzen™ R7; e Intel® Xeon® (Anexo 22).

A su vez, la presencia de la capacidad de almacenamiento más común entre las computadoras analizadas es de 1TB, con una frecuencia relativa del 58.33%, lo que sugiere que es la opción preferida por más de la mitad de las empresas. En segundo lugar, el almacenamiento de 500GB representa el 25.93%, reflejando un uso más moderado o necesidades específicas que no requieren mayor capacidad (Anexo 24).

Con respecto a la RAM, se observó que las empresas prefieren módulos de 16GB, los cuales presentan una frecuencia relativa del 53.70%, seguidos por los de 32GB, con una frecuencia del 33.33%. El predominio de los módulos de 16GB sugiere que muchas empresas los consideran un estándar eficaz para sus operaciones cotidianas al implementar BIM (Anexo 23).

Además de los componentes mencionados, la frecuencia relativa de la presencia de las GPUs dedicadas es del 77.78%, lo que representa una mayoría significativa (Anexo 25). Esto indica que las empresas prefieren utilizar tarjetas gráficas dedicadas, que generalmente ofrecen un mejor rendimiento en tareas que requieren procesamiento gráfico intensivo.

Se consideró el tiempo de lanzamiento de los procesadores como otra dimensión de estudio emergente. Destacando que 2017 tiene la mayor frecuencia relativa, con un 28.45%, posiblemente debido a innovaciones significativas en ese periodo. En segundo lugar, 2023 presenta un 19.70%, lo que podría reflejar una tendencia hacia la renovación tecnológica impulsada por necesidades emergentes en la industria y una mayor inversión en digitalización por parte de las empresas.

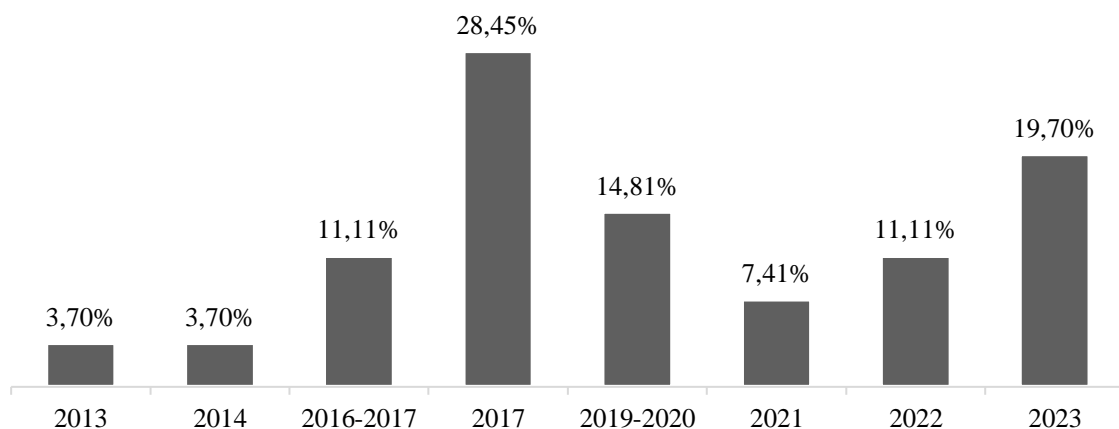


Figura 8. Frecuencia relativa del año del lanzamiento de los procesadores presentes en los equipos tecnológicos en todas las empresas

Por último, se analizó la distribución de los costos asociados a la adquisición de equipos tecnológicos mediante un gráfico de violín, método pertinente por la naturaleza de los datos obtenidos. Esta representación gráfica facilita la interpretación de la variabilidad y la tendencia de los costos en la adquisición de tecnología.

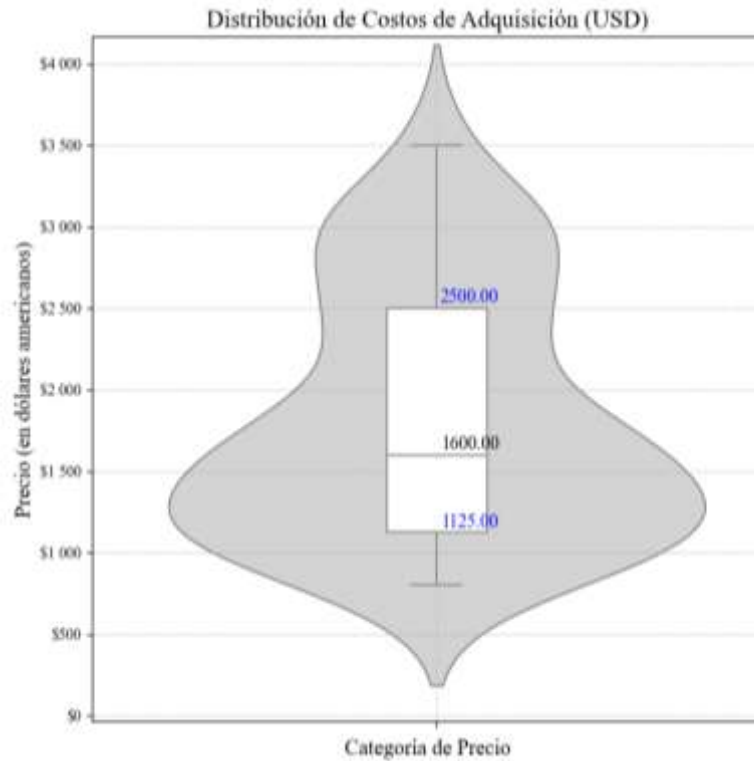


Figura 9. Distribución de los costos por cada adquisición los equipos tecnológicos al implementar BIM en empresas del Ecuador

La Figura 9, muestra una alta tendencia al adquirir equipos que se encuentra cercanos a los valores de \$1 200, mientras que lo más altos comienzan a dejar de ser habituales. Los valores mínimo y máximo encontrados fueron de \$800 y \$3 500, respectivamente.

Este gráfico indica que las empresas tienden a adquirir equipos cuyo valor se aproxima al pico más alto (Anexo 26), en función de sus necesidades competitivas en la industria y en consonancia con la implementación de la metodología BIM. Además, se observa un segundo pico en valores cercanos a los \$2 800, que puede explicarse por la presencia de equipos con especificaciones técnicas más avanzadas, diseñados para tareas de coordinación o integración que requieren el manejo de grandes volúmenes de datos y modelado complejo.

#### 4.1.5.6 Software (SFTW)

Las cualidades más notables de la categoría software (SFTW) abarcaron a las herramientas y plataformas de modelación de información. Así también, los costos que se dieron al obtener las licencias.

De manera similar a las apreciaciones anteriores, se aplicó un análisis de datos normalizados a cada cualidad. Los resultados indican que los paquetes de modelado más comúnmente utilizados son Autodesk® AEC Collection, Revit y AutoCAD, con una

representación del 31.88%, 19% y 11.60%, respectivamente (Anexo 27). Este hallazgo sugiere una clara preferencia hacia Autodesk® AEC Collection, lo que podría reflejar no solo su funcionalidad y versatilidad, sino también su relevancia en la implementación de la metodología BIM en el sector ecuatoriano.

El análisis para los costos con relación a las licencias (SFTW) presentes en todos los equipos, se apoyó en el promedio global de los porcentajes de incurrancia de licencias por empresa, basados en el costo total de instalaciones de cada una, mostrando los resultados en un gráfico de barras. Su lectura se debe manejar de modo que en promedio el 8.20% de todas las empresas incurren en la licencia de \$9 000 presentes en todos los equipos.

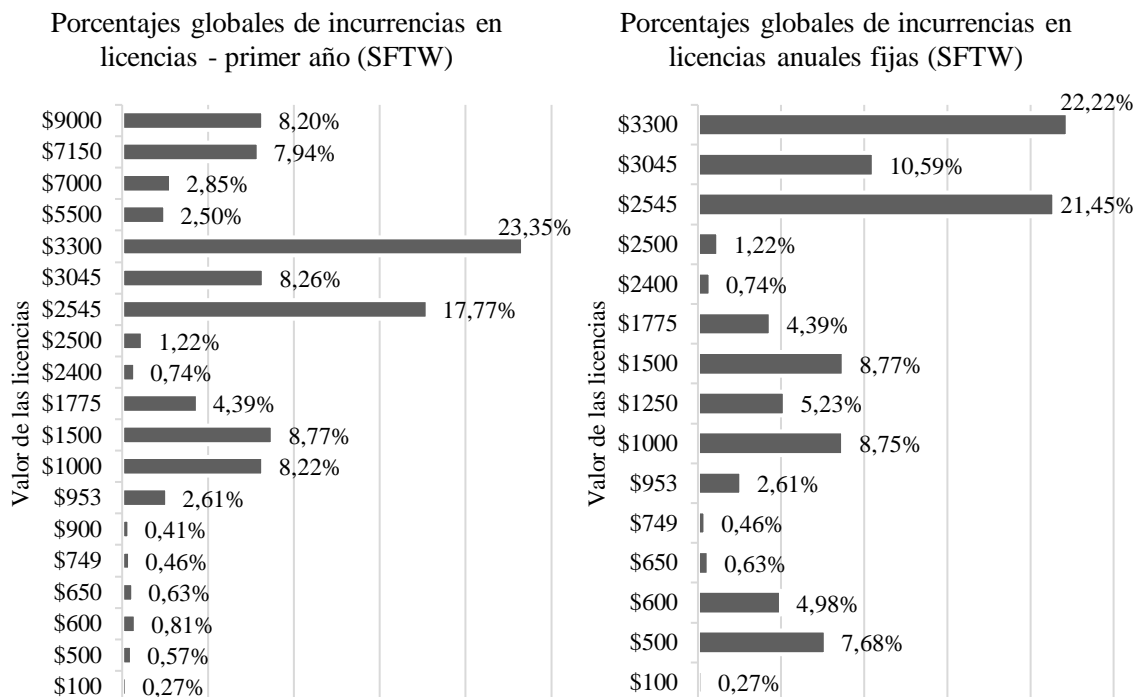


Figura 10. Promedios globales de los porcentajes de incurrancia de los costos asociados al software al implementar BIM en empresas del Ecuador

En la Figura 10 se evidencia una nula presencia de costos superiores a \$3 300 en los años posteriores. La distribución que existía en el primer año de valores mayores a \$3 300 se concentró en valores menores, con un aumento considerable en los costos de \$500 y \$600, así como un ligero incremento en el valor de \$1 000. Este patrón se debe a la contratación de ciertas licencias que implican un pago inicial elevado y, posteriormente, cuotas de mantenimiento más bajas, lo que representa una estrategia de financiamiento que las empresas adoptan de acuerdo con sus necesidades y objetivos.

Aun así, la persistencia de la predominancia en las distribuciones cercanas al valor de \$3 300 en ambos gráficos indica que esta licencia es la más común, tanto en el primer año como en los pagos fijos anuales. Como se observa con los valores de \$2 545 y \$3 045, que, ocupando el segundo y tercer lugar, respectivamente, se mantienen cercanamente similares sus distribuciones a lo largo del tiempo.

#### 4.1.5.7 Conectividad (CNCTV)

En el presente estudio se categorizó en la conectividad a aquellas herramientas y plataformas dedicadas al entorno común de datos “SaaS Common Data Environments”, para una coordinación, integración y comunicación de información entre todas las partes implicadas durante las fases de diseño y planificación. Así también, los servicios de almacenamiento en la nube fueron contados en este apartado.

Al analizar la adopción de diversas herramientas para la conectividad, se observó que el 44.44% de las empresas emplean tanto la nube de almacenamiento como los entornos SaaS, mientras que el 33.33% utilizan exclusivamente entornos SaaS, y el 22.22% optan únicamente por servicios de almacenamiento en la nube. (Anexo 28).

En cuanto a los servicios de almacenamiento en la nube, el 44.44% de las empresas utilizan Google Drive, el 22.22% prefieren OneDrive, y el 33.33% no cuentan con plataformas similares. (Anexo 29).

Respecto a los SaaS Common Data Environments, la mayoría de las empresas emplean servicios proporcionados por Autodesk® (54.55%), seguido de Trimble Inc. (18.18%), y, en menor proporción, Revizto y Slack Technologies (9.09% cada uno). (Anexo 30).

Finalmente, los costos asociados con estos servicios varían entre un mínimo de \$240 y un máximo de \$6 000, con un valor intermedio de \$1 500 (Anexo 31). En el rango de costos de \$240 a \$1 500, los precios se consideran por usuario y la distribución de costos entre las empresas es homogénea. Esto sugiere que, en términos de financiamiento, las decisiones son altamente particulares para cada entidad, sin mostrar una tendencia clara más allá de los valores extremos registrados.

#### 4.1.5.8 Espacio de Trabajo

En el marco de la investigación, se analizó el entorno en el que el profesional desarrolla su labor al implementar la metodología BIM. A continuación, se presentará una tabla resumen de los costos correspondientes al primer año y los subsecuentes, organizados de manera descendente.

Tabla 7

*Resumen de los costos del espacio de trabajo al implementar BIM en empresas del Ecuador*

<b>Empresas</b>	<b>Primer Año</b>	<b>Siguientes años</b>
CN	\$ 147 000.00	\$ 66 600.00
YL	\$ 65 450.00	\$ 54 600.00
JR	\$ 41 620.00	\$ 36 120.00
XG	\$ 30 300.00	\$ 15 000.00
OG	\$ 24 444.00	\$ 14 844.00
DO	\$ 20 996.00	\$ 10 596.00
KS	\$ 14 580.00	\$ 10 080.00
GN	\$ 6 792.00	\$ 4 812.00
VK	\$ 5 580.00	\$ 3 360.00



La Tabla 7, muestra que la mayoría de las empresas reducen sus costos entre un 40% y 60% tras el primer año, especialmente aquellas con mayores inversiones iniciales. Las empresas más pequeñas (VK, GN, DO, KS) presentan costos iniciales bajos, probablemente debido a menor complejidad en la implementación de BIM y menor inversión en infraestructura y personal. Con el tiempo, la diferencia de costos entre empresas grandes y pequeñas disminuye, indicando que las empresas pequeñas optimizan sus costos operativos al integrar mejor BIM.

Tabla 8  
Costos desglosados sobre el espacio de trabajo al implementar BIM en empresas del Ecuador

Empresas	Área promedio (m <sup>2</sup> )	Arriendo promedio (\$/mes)	Mobiliario Primer año	Suministros (\$/año)	Servicios mensuales Alícuotas (\$/mes)	Básicos inc.
YL	400	\$ 4 000	\$ 7 600	\$ 3 250	\$ 4 550	
VK	15	\$ 230	\$ 1 500	\$ 720	\$ 280	
JR	37.5	\$ 280	\$ 1 000	\$ 4 500	\$ 3 010	
GN	75	\$ 355	\$ 1 500	\$ 480	\$ 401	
OG	75	\$ 880	\$ 9 000	\$ 600	\$ 1 237	
CN	175	\$ 1 000	\$ 80 000	\$ 400	\$ 5 550	
DO	125	\$ 630	\$ 10 000	\$ 400	\$ 883	
KS	250	\$ 450	\$ 2 500	\$ 2 000	\$ 840	
XG	75	\$ 900	\$ 15 000	\$ 300	\$ 1 250	

El costo promedio de arriendo por mes varía considerablemente entre las empresas, con un rango que va desde \$230 al mes en la empresa VK (con un área de 15 m<sup>2</sup>) hasta \$1,000 mensuales en CN (con un área de 175 m<sup>2</sup>). Si bien hay una relación entre el área ocupada y el costo de arriendo, las diferencias no siempre siguen un patrón uniforme. Por ejemplo, OG (con 75 m<sup>2</sup>) tiene un arriendo mensual más alto que GN (con la misma área), lo que podría estar relacionado con diferencias en los contratos de alquiler o ubicación de los inmuebles.

El costo en mobiliario durante el primer año muestra una amplia variabilidad entre empresas, con casos como CN que invirtió \$80 000, en contraste con VK, que gastó solo \$1 500. Estas diferencias podrían estar relacionadas con la estrategia de inversión en infraestructura y la naturaleza del negocio. Empresas con altos costos, como CN, podrían reflejar implementaciones más robustas o de mayor escala de BIM, mientras que los bajos costos, como en VK, podrían indicar estrategias más austeras o menores demandas operativas en espacio y equipamiento.

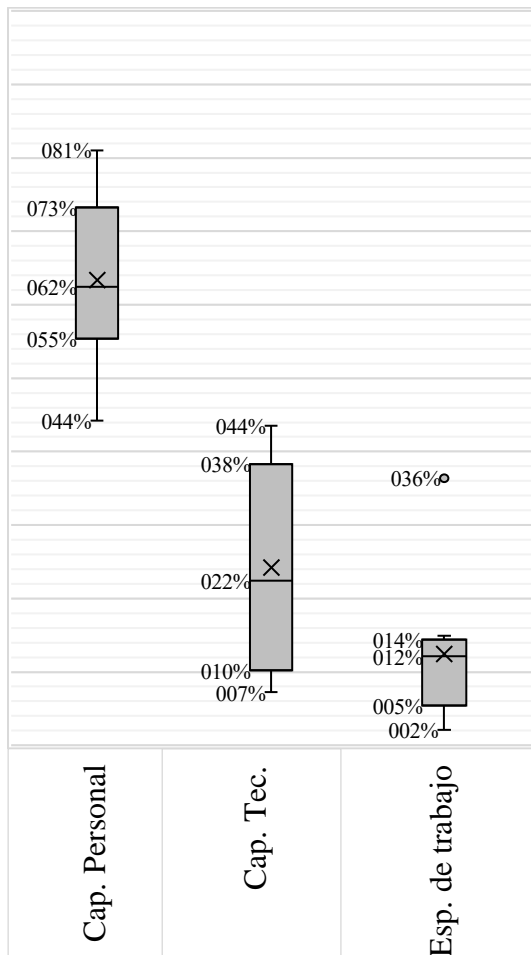
En cuanto a los suministros anuales, los costos muestran una amplia gama, con empresas como JR con un valor anual de \$4 500, mientras que otras como VK presentan costos mucho menores, con \$720 anuales en suministros. La empresa XG, por ejemplo, tiene un valor elevado en mobiliario (\$15 000) pero sus costos de suministros son más bajos (\$300), lo que podría sugerir una eficiencia en el consumo de suministros o el uso de tecnología para minimizar costos operativos en este aspecto.

El análisis de los servicios básicos revela que los costos están relacionados con el tamaño del espacio. Empresas como YL y CN, con áreas más grandes, reportan los costos mensuales más elevados, \$4 550 y \$5 550 respectivamente. Además, factores como la exclusión de servicios específicos (por ejemplo, teléfono fijo) o diferencias en contratos de arrendamiento pueden impactar los costos. Por ejemplo, OG gasta \$1 237 en servicios básicos, cifra mayor a la de GN pese a tener áreas similares, posiblemente debido a variaciones en los términos contractuales o los servicios ofrecidos en cada ubicación.

#### 4.1.5.9 Porcentajes de participación de las categorías en los costos totales

La figura 11 ilustra la variación en los porcentajes de participación en los costos de las tres categorías analizadas en este estudio para todas las empresas, mediante el empleo de diagramas de cajas y bigotes (box-plot).

Distribución de los porcentajes de participación - Primer año



Distribución de los porcentajes de participación - Sigüientes años

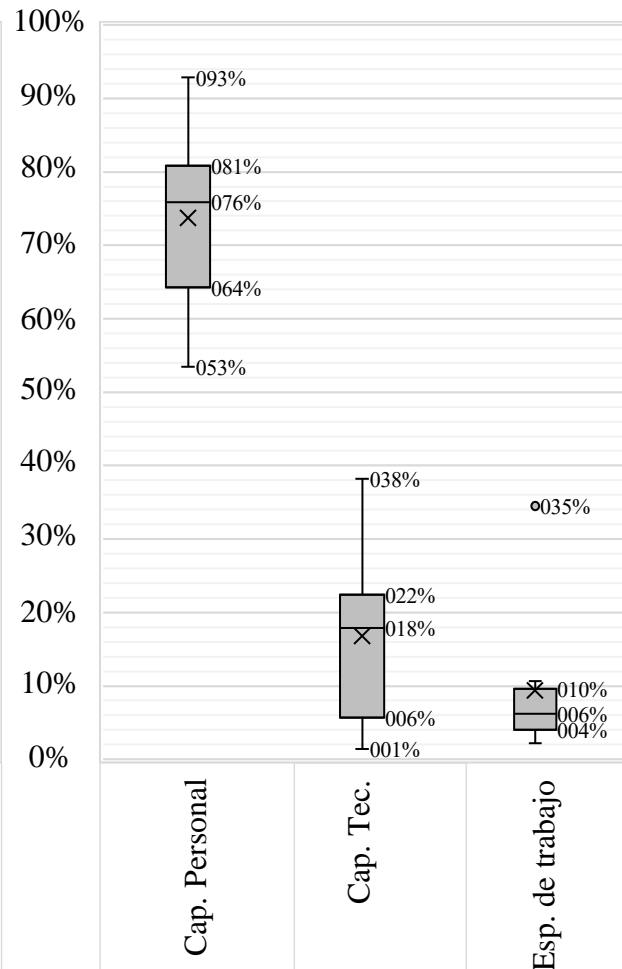


Figura 11. Distribuciones de los porcentajes de participación de las categorías en los costos totales al implementar BIM en empresas de Ecuador

Se observa que la mayor parte de los costos está destinada a la capacidad del personal, tanto en el primer año como en los años posteriores relacionados con la

implementación de la metodología BIM. Este patrón sugiere que la inversión en capital humano es el principal factor de costo en la adopción de BIM.

En contraste, la capacidad tecnológica ha representado un porcentaje considerablemente menor dentro de los costos totales, tanto en la fase de inversión inicial como en la fase de mantenimiento. Esto indica que, aunque la inversión tecnológica es importante, su peso relativo es significativamente inferior al de la inversión en personal.

Por otro lado, el espacio de trabajo ha mostrado las cifras más bajas tanto en la inversión inicial como en la inversión en los años posteriores asignada a la metodología. Este resultado sugiere que el costo en infraestructura, aunque relevante, es el menor componente de los costos asociados con la implementación y mantenimiento de BIM.

#### 4.1.5.10 Análisis descriptivo de los costos según el nivel de uso BIM

En esta sección, se presenta el análisis de los costos de implementación de la metodología en relación con el nivel de uso BIM destacando los aspectos más importantes entre las distintas características estadísticas de los costos desglosados anteriormente y el nivel promedio de cada empresa. Donde se identificó la influencia o impacto que afecta a los costos totales que son presentados al final.

### 4.1.6 Capacidad del personal y el nivel de uso BIM

#### 4.1.6.1 Porcentajes de capacitación y tasas de reducción

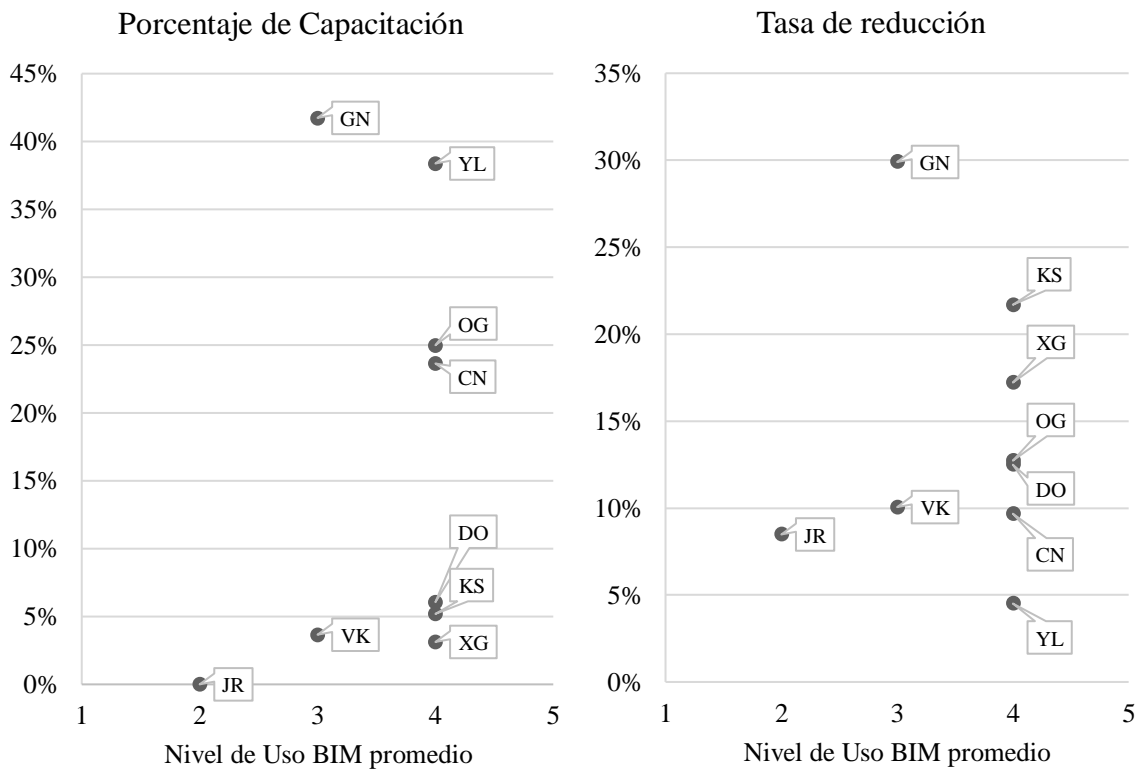


Figura 12. Tasas de reducción y porcentaje de capacitación según el nivel de uso BIM en empresas del Ecuador

A razón de considerar como factor principal, al capital de inversión dedicado al personal y su experticia en habilidades de BIM (tendencia vista en la sección anterior), se contrastó el porcentaje de capacitación y las tasas de reducción de cada empresa estudiada.

En la Figura 15, se muestra que los porcentajes de capacitación y tasas de reducción entre el primer año y los años siguientes varían de forma significativa.

Empresas como GN y KS muestran una reducción considerable en sus costos recurrentes, con tasas de reducción de 29.90% y 21.69%, respectivamente. En el caso de la primera empresa mencionada (GN) se podría inferir que su reducción recurrente es debido a la alta inversión en capacitación del personal que influye en un mejor manejo en licencias de modelado estructural. No obstante empresas como DO, KS y XG que realizan sus capacitaciones de formas puntuales, tienen menores costos y se encuentran después de la tasa de GN.

Por parte de YL, con una tasa de reducción de solo 4.51%, se muestra muy baja comparado con otras empresas, a pesar de que es una de las que cuentan con mayor inversión inicial. Esto puede ser explicado en parte por su laboratorio inmersivo y herramientas para una mejor experiencia brindada al cliente, como así también el mánager especializado que comparte diferentes funciones (capacitador y coordinador).

Además, se debe tener en cuenta que empresas como CN y OG con tasas de reducción de 6.98% y 12.49%, correspondientemente. Dedicar porcentajes de inversión en la capacitación similares siendo de tamaño distintos.

Por otro lado, JR, aún sin tener un porcentaje de capacitación destinado, está un puesto más arriba del último (YL) en relación a reducciones con un valor de 8.48%, pero está en el nivel más bajo de uso BIM.

El patrón observable que destacar es la tendencia creciente en los niveles de uso BIM y reducciones (exceptuando GN). Aun considerando toda la variabilidad debido a los Métodos utilizados por cada empresa con relación a la capacitación del personal, indica que el uso más avanzado de BIM podría estar vinculado a una mayor eficiencia operativa a medida que se profundiza en la adopción de la herramienta.

#### **4.1.6.2 Costos de las capacitaciones según el nivel de uso BIM**

Como inciso a remarcar en el presente análisis, las capacitaciones anuales por profesional en las empresas de nivel promedio 4 varían considerablemente, con rangos que oscilan entre \$500 y \$1 500, así como entre \$3 100 y \$25 000. En contraste, las empresas de niveles 3 y 2, presentan un rango de costos en capacitaciones que varía entre \$0 y \$500, y de \$3 100 a \$10 000. (Anexo 32)

Estas diferencias reflejan las diversas estrategias efectuadas por las empresas para gestionar la mejora de habilidades de su personal, dependiendo de sus necesidades operativas.

#### 4.1.6.3 Roles BIM y cantidad de empleados

Otro aspecto importante al desarrollar el estudio fue los diferentes roles BIM presentes en las empresas y la cantidad de empleados. Lo cual se puede traducir al tamaño de la empresa y la complejidad de la adopción de la metodología BIM según su nivel de uso.

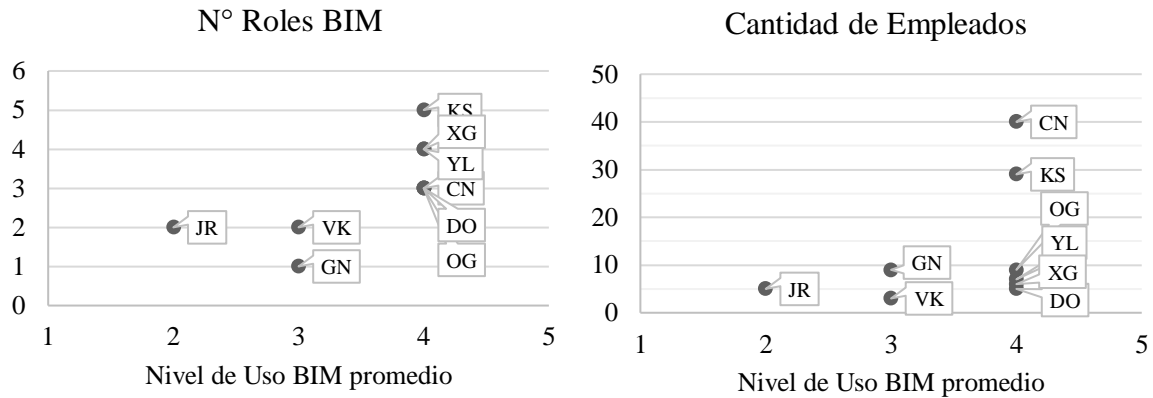


Figura 13. Número de roles BIM y cantidad de empleados según el nivel de uso BIM promedio en empresas del Ecuador

En la Figura 16 se presenta la cantidad de empleados y el número de roles BIM (excluyendo la función de diseñador) en cada una de las empresas estudiadas.

En los niveles de uso BIM 2 y 3, el número de roles no supera los dos tipos, siendo estos principalmente el modelador y el mánager o documentador. En cambio, en el nivel de uso BIM 4, se observa que al menos tres roles son desempeñados, incluyendo el modelador, el coordinador o documentador, y el mánager. Esta tendencia podría indicar que a medida que aumenta el nivel de uso de BIM, se requiere una mayor segmentación de responsabilidades debido a la mayor complejidad de los proyectos gestionados. Es decir, un nivel más alto de uso de BIM parece estar asociado con una mayor especialización en las funciones del equipo, lo cual podría contribuir a una ejecución más eficiente y detallada del proyecto.

En relación con la cantidad de empleados, que puede ser un indicador del tamaño de la empresa, se observa que existen casos dentro del rango de 3 a 10 empleados que operan en niveles promedios de uso BIM 2, 3 y 4. Este dato sugiere que el tamaño de la empresa, medido en términos de número de empleados, no es un obstáculo para la adopción de niveles más altos de uso de BIM. En cambio, parece ser que las responsabilidades principales, las funciones específicas y las capacidades técnicas de los involucrados son los factores que determinan en mayor medida el nivel de uso BIM dentro de cada organización. Por lo tanto, el factor limitante no estaría en el tamaño, sino en la especialización de roles y el desarrollo de competencias en el manejo de BIM.

#### 4.1.6.4 Salarios según el nivel de uso BIM

Para enriquecer el análisis, es relevante mencionar los sueldos asociados a los distintos roles BIM, como se observó en la Figura 5 de la sección IV.1.2.1. de manera general

y según el nivel de uso BIM (Anexo 33). En la mayoría de las empresas, los salarios anuales para la mayor parte de los roles BIM se sitúan en una media de \$15 500 (\$13 000 a \$18 000).

Los casos que difieren este comportamiento se encuentran en los niveles de uso BIM 3 y 2, donde el rol de modelador presenta un sueldo promedio de \$9 000 (\$6 000 a \$12 000), y el de mánager alcanza un valor de \$21 500 (\$19 000 a \$24 000).

#### 4.1.6.5 Capacidad tecnológica y el nivel de uso BIM

#### 4.1.6.6 Costos por adquisición de equipos (HRDW) según el nivel de uso BIM

También, se dividió la distribución de los costos con respecto a las adquisiciones de equipos tecnológicos, entre los niveles 4 y 3-2. Se escogió esta división debido a la cantidad de empresas por cada nivel.

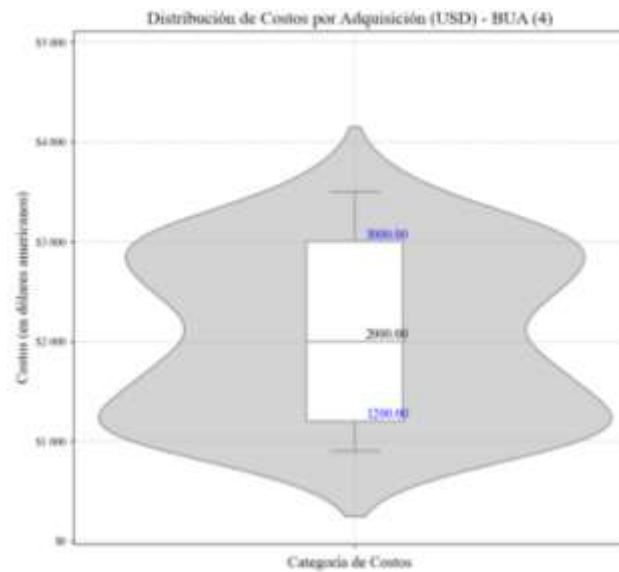


Figura 14. Distribución de los costos de la adquisición del equipo tecnológico en empresas de nivel de uso BIM promedio 4

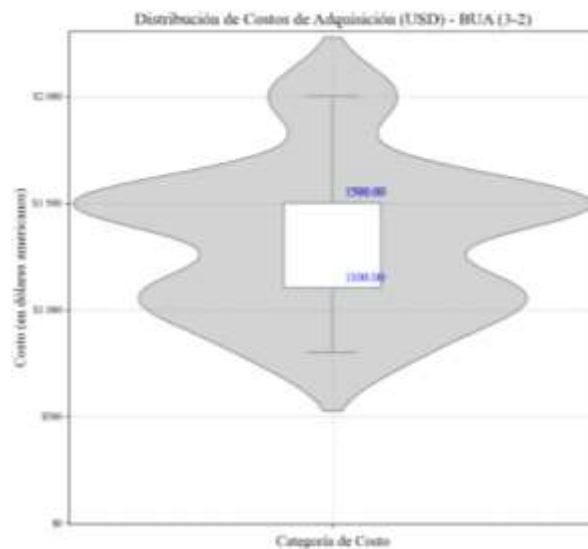


Figura 15. Distribución de los costos de la adquisición del equipo tecnológico en empresas de nivel de uso BIM promedio 3 y 2

Las figuras Figura 14 y Figura 15 presentan las distribuciones y varianzas de los costos asociados a la adquisición de equipos tecnológicos, a través de gráficos de violín.

En cuanto a las empresas con niveles de uso promedio 4, se observa que las distribuciones tienen picos cercanos a los valores de \$1 200 y \$2 800, con una densidad similar, siendo el primero el más pronunciado. Esto podría indicar que, en estas empresas, casi la mitad de las adquisiciones se concentran en torno al primer pico (\$1 200), mientras que el restante se distribuye alrededor del segundo pico (\$2 800). La tendencia sugiere que las empresas con un mayor nivel de uso BIM han logrado identificar equipos más adecuados para satisfacer sus necesidades, lo que les ha permitido administrar de forma más eficiente el costo de adquisición.

Por otro lado, las empresas con niveles de uso promedio 3 y 2 muestran picos en valores cercanos a \$1 500, \$1 050 y \$2 000, en orden descendente de densidad. En comparación con las empresas de nivel de uso promedio 4, los picos en estos niveles de uso son más bajos, lo que sugiere que las adquisiciones de equipos de menor costo son más comunes. Además, la presencia de equipos con costos por unidad más altos es mucho menos frecuente. Esto podría reflejar una menor capacidad de las empresas en estos niveles para identificar y adquirir equipos especializados que cumplan con los requisitos más complejos que exige el BIM.

Los resultados indican que, a medida que aumenta el nivel de uso BIM, las empresas logran adquirir equipos más ajustados a sus necesidades y, por lo tanto, los costos de adquisición se distribuyen más uniformemente, con una mayor frecuencia de compras a precios más bajos. Sin embargo, a medida que aumenta la complejidad del trabajo en estas empresas, también se observa una necesidad creciente de equipos más costosos. En contraste, las empresas con niveles de uso BIM más bajos presentan una distribución menos concentrada, con un máximo cercano a \$2 000, lo que refleja una menor inversión en equipos especializados y de mayor valor.

#### 4.1.6.7 Herramientas o plataformas de modelado (SFTW) según el nivel de uso BIM

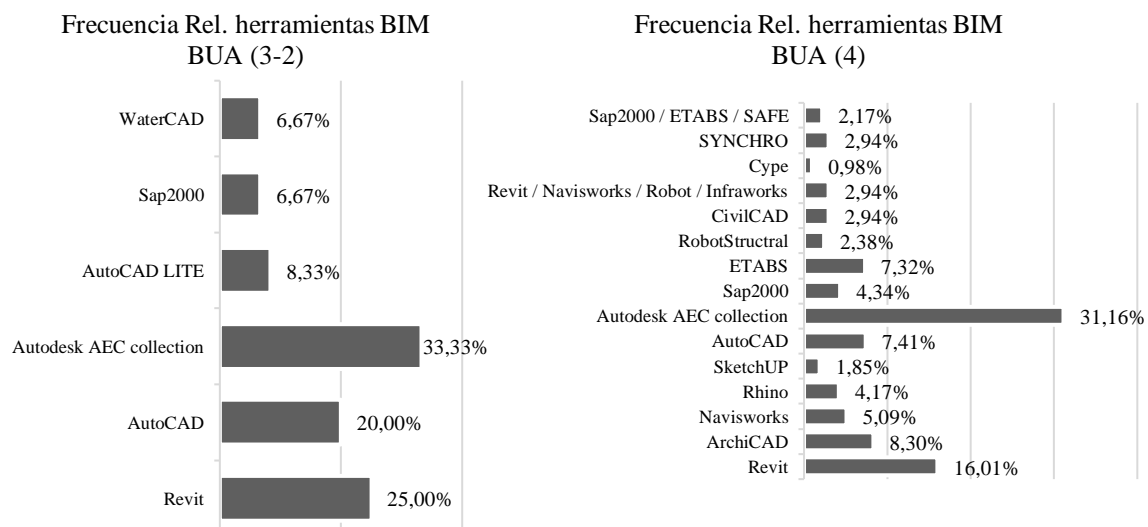


Figura 16. Frecuencias relativas de herramientas o plataformas BIM presentes en las empresas del Ecuador según su nivel de uso.

En adición, a fin de identificar la opción de herramienta o plataforma BIM más utilizada por las empresas se realizó la misma segmentación anterior. Los resultados se presentan a continuación.

En la Figura 16, se muestran las frecuencias relativas de las herramientas o plataformas BIM más utilizadas en las empresas. Cabe destacar que, aunque los programas CAD (Diseño Asistido por Computadora) y otros similares no manejan la misma información que las herramientas dedicadas específicamente al BIM, fueron incluidos en el análisis únicamente cuando se empleaban como complemento o parte del proceso dentro de la implementación de la metodología. Esto se debe a que existen formas de exportar e importar la información en formato IFC, lo que permite integrarlas dentro del flujo de trabajo de las empresas.

La diversidad (15) presente en las empresas de nivel de uso promedio 4 demuestra cómo se vuelve necesario la integración de distintas opciones para necesidades específicas en los proyectos de construcción. A comparación del número (6) de herramientas presentes en empresas de niveles de 3 y 2.

En ambos casos, la herramienta más adoptada es el paquete “Autodesk® AEC Collection”, que agrupa diversas soluciones BIM en un solo conjunto. Este patrón se observa más claramente en las empresas de nivel de uso BIM promedio 4, mientras que, en los niveles inferiores, el software “Revit” se acerca al primer puesto, con una diferencia de aproximadamente el 8%. Esto sugiere que, a medida que aumenta el nivel de uso BIM, las empresas tienden a diversificar más sus herramientas, optando por soluciones integradas como paquetes que permitan trabajar en una misma plataforma para optimizar sus procesos.

#### 4.1.7 Espacio del trabajo y el nivel de uso BIM

##### 4.1.7.1 Área y cantidad de empleados según el nivel de uso BIM

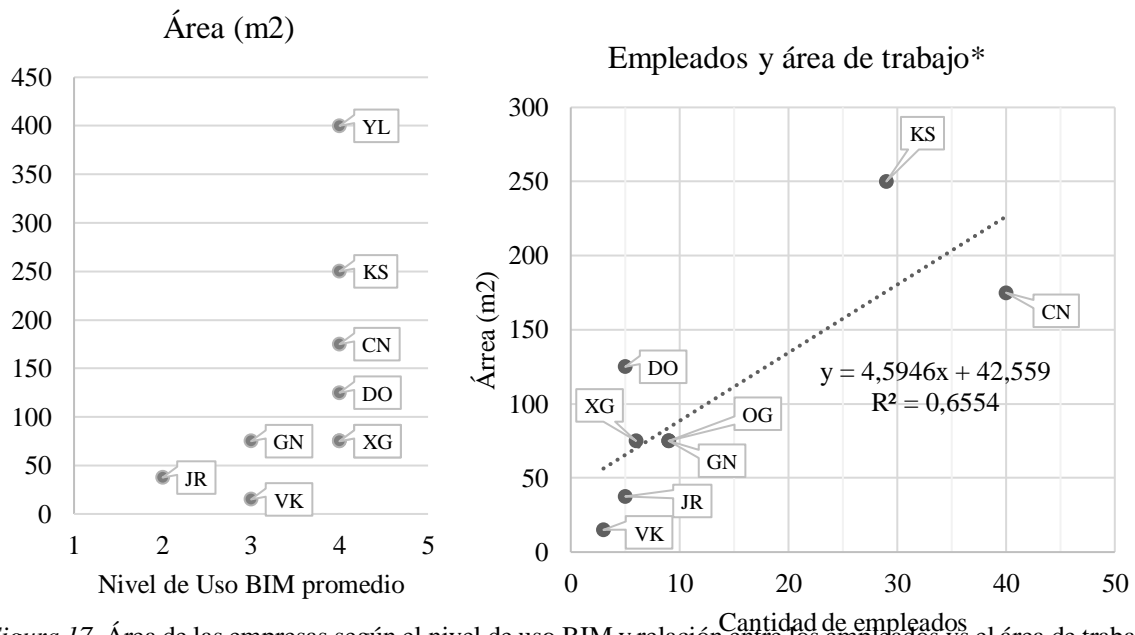


Figura 17. Área de las empresas según el nivel de uso BIM y relación entre los empleados vs el área de trabajo de empresas en el Ecuador



\*Es importante señalar que la empresa YL ha sido excluida de la representación del modelo de regresión lineal debido a su naturaleza particular y al tamaño atípico de su espacio de trabajo.

Se analizó el área del bien inmueble de cada empresa y el número de empleados según el nivel de uso BIM, a fin de identificar patrones que caractericen su comportamiento e influyan en los costos.

La Figura 17, refleja un aumento en la cantidad de metros cuadrados disponibles en las empresas a medida que aumenta el nivel de uso BIM. Esto sugiere que, a mayor nivel de implementación, las empresas tienden a asignar más espacio de trabajo a los profesionales implicados en el proceso. Este aumento podría estar relacionado con la necesidad de contar con equipos tecnológicos especializados, como pantallas de gran formato, y con muebles que faciliten reuniones integrales entre los diferentes involucrados en los proyectos. Además, como se mencionó se tiene como caso especial a YL, que, al disponer de un área dedicada a un laboratorio inmersivo, cuenta con un total de 400m<sup>2</sup>.

Para la relación entre la cantidad de profesionales y las áreas de trabajo de las empresas. Se utilizó un modelo de regresión lineal como herramienta de visualización de tendencias y no un modelo de correlación debido al alcance de la investigación. Este modelo muestra un ajuste R<sup>2</sup> de aproximadamente 0.6554, lo que indica que el número de empleados puede explicar el 65.54% de la variabilidad en el área disponible. Aunque este es un buen ajuste, un 34.46% de la variabilidad no se explica por el modelo, lo que sugiere que factores como el nivel de uso BIM podrían influir en la cantidad de espacio disponible.

#### 4.1.7.2 Costos totales y el nivel de uso BIM

Luego de detallar cada categoría, las características estadísticas y su impacto en los costos según los niveles de uso de BIM, se presentan a continuación los costos totales asociados con la implementación de la metodología BIM. Analizados en función del nivel de uso, diferenciando entre el primer año de adopción y los años subsiguientes (Figura 18).

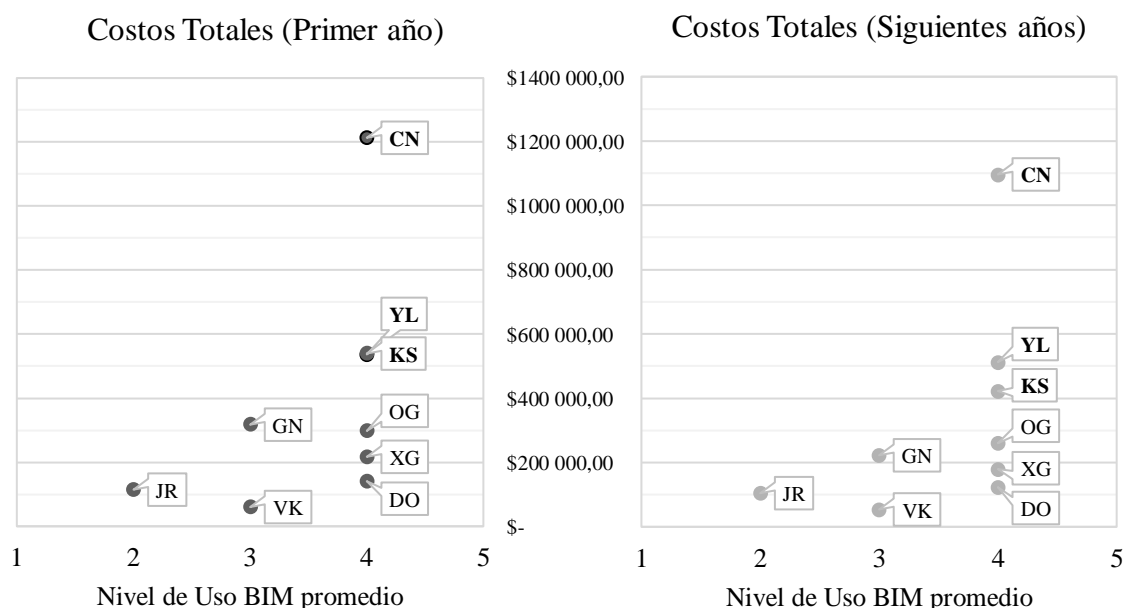


Figura 18. Costos totales según el nivel de uso BIM en empresas del Ecuador

Empresas con Nivel de Uso BIM 4 (YL, OG, CN, DO, KS, XG): Presentan una considerable inversión inicial, con costos en el primer año que varían entre \$141 011 (DO) y \$1 213 365 (CN). Los costos en los años siguientes también muestran una reducción en su mayoría, lo que sugiere que la implementación inicial de BIM requiere una inversión significativa en infraestructura y capacitación, pero que los costos recurrentes pueden ser más controlables una vez implementado el sistema. Además, en este nivel se encuentran las únicas empresas que tienen como alcance el mercado internacional.

Empresas con Nivel de Uso BIM 3 (VK, GN): Los costos iniciales detectados fueron de \$60 075.00 y \$317 347.00 fijando el límite inferior y superior, respectivamente en este nivel.

Empresa con Nivel de Uso BIM 2 (JR): La empresa con el nivel de uso BIM más bajo, JR, tiene una inversión inicial de \$114 373. Esta cifra es considerablemente más baja que las empresas de nivel 4, lo que sugiere una adopción parcial o limitada de BIM en las fases iniciales. Los costos en los años siguientes también muestran una disminución similar a las empresas con nivel 3, alcanzando los \$104 673. Esto podría indicar que la adopción parcial de BIM tiene un impacto menor en los costos iniciales y recurrentes.

En las empresas con nivel de uso promedio 4 en la metodología, la inversión inicial es generalmente más alta, pero las reducciones de costos en los años siguientes varían significativamente. Por ejemplo, CN muestra una reducción de más de \$100 000 en los costos recurrentes, mientras que YL solo reduce su inversión en \$24 200. Por otro lado, las empresas con nivel 3 y nivel 2 de BIM tienen una tendencia a mostrar menores costos iniciales y costos recurrentes más bajos en comparación con las empresas de nivel 4, lo que sugiere que la adopción progresiva de BIM en fases de planificación y diseño puede ser menos costosa al principio, pero con limitada reducción de costos en el largo plazo.

Uno de los aspectos más destacados de este análisis se observa en las empresas que realizan inversiones iniciales superiores a \$536 000 (YL), presentando una diferencia de \$218 000 respecto a la empresa siguiente (GN). Estas empresas, caracterizadas por su impacto internacional en la industria AEC, pertenecen al nivel de uso BIM 4. En contraste, las empresas con costos iniciales totales más bajos operan a nivel nacional y se distribuyen entre los niveles de uso BIM 4, 3 y 2.

Los costos mínimos observados en el primer año en los niveles 2, 3 y 4 fueron de \$114 373, \$60 075 y \$141 011, respectivamente. Esta distribución establece una brecha de \$80 836 entre los distintos niveles de adopción. Dichos valores pueden considerarse como los costos mínimos asociados a la implementación de BIM en la industria ecuatoriana, reflejando las diferencias en las inversiones iniciales según el nivel de uso de la metodología.

#### **4.1.7.3 Costos generales unitarios según el nivel de uso BIM (Simplificación)**

En esta subsección, se presenta un análisis adicional que explora la relación entre los costos totales, el número de empleados y el área de trabajo de las empresas, con el objetivo de ofrecer una visión simplificada de los costos asociados con la implementación de BIM en Ecuador y el nivel de uso. Es importante recalcar que estos resultados, por su naturaleza, no reflejan el comportamiento completo de todas las variables y factores previamente descritos.

Aunque los resultados brindan una perspectiva general, deben interpretarse con cautela, ya que los patrones observados en los gráficos pueden ser simples coincidencias o comparten tendencias ya anteriormente puntualizadas. Por lo tanto, cualquier interpretación o uso debe hacerse con precaución, evitando generalizaciones o conclusiones precipitadas.

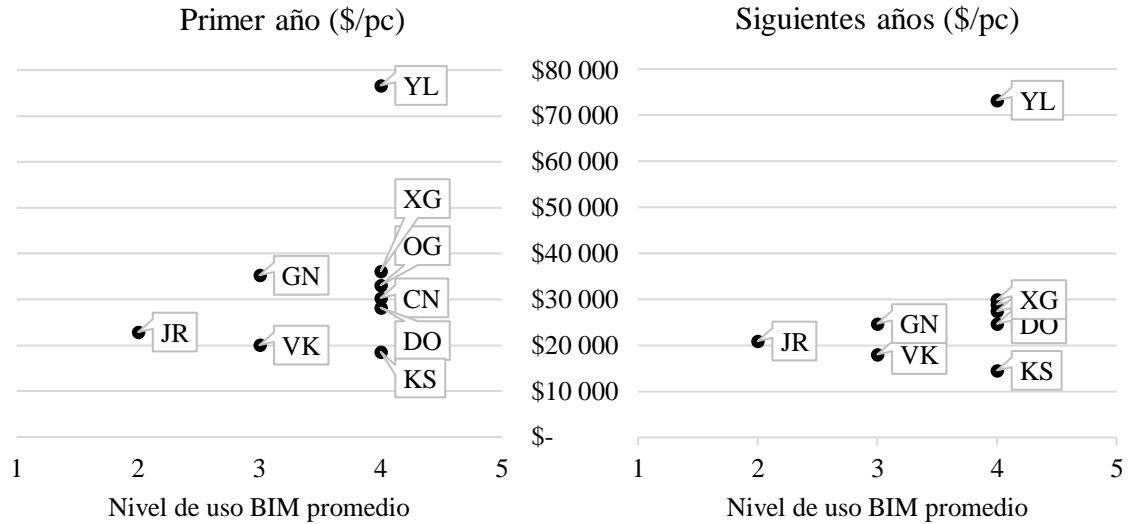


Figura 19. Costos per cápita al implementar BIM según el nivel de uso en el Ecuador

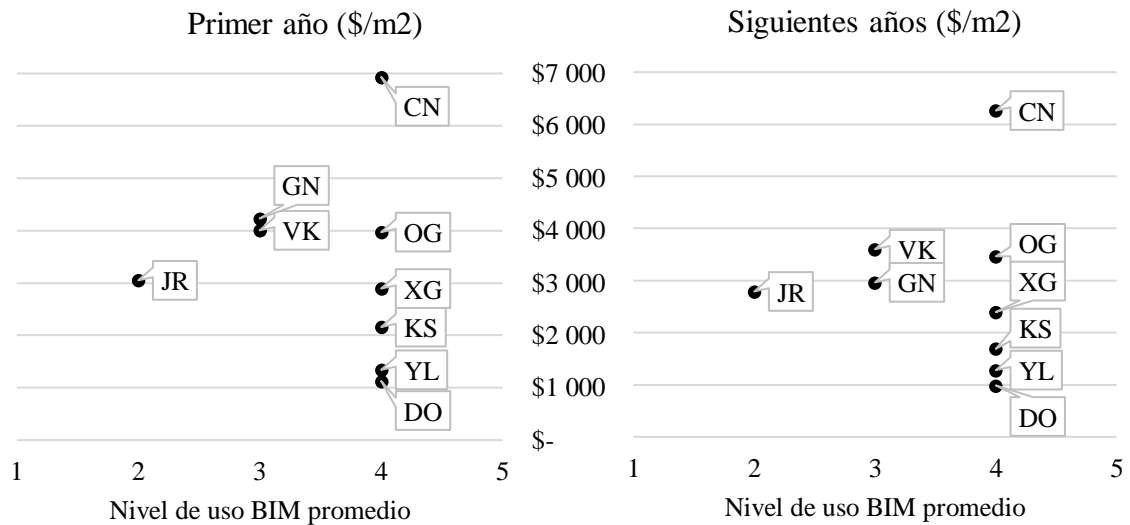


Figura 20. Costos por área de trabajo al implementar BIM según el nivel de uso en el Ecuador

## 4.2 Discusión

La industria AEC en Ecuador ha logrado aprovechar los usos de la metodología BIM en las etapas tempranas de los proyectos, específicamente en la planificación y el diseño. Estas fases son esenciales para la toma de decisiones, como indican (Alasmari et al., 2023) impactando positivamente (Abdallah et al., 2023). Además, el estudio evalúa el sector desde una perspectiva diferente, en línea con la propuesta de Hong et al. (2019), quienes sugieren que, en lugar de centrarse exclusivamente en aumentar el nivel de implantación de BIM

(LOD), sería más adecuado evaluar la competencia organizacional y las aplicaciones de la metodología que ya se encuentran implementadas.

Los resultados sobre el nivel de uso en la adopción de la metodología BIM, tras ser analizados, encontraron que las empresas estudiadas se distribuyen de la siguiente manera: un 67% de ellas se encuentra en un nivel medio de uso 4, 22% en un nivel medio 3 y el 11% en un nivel medio 2. Las empresas ubicadas en el nivel medio 4 mostraron valores de alto uso BIM en 3 áreas. Este hallazgo se contrasta con estudios previos, como el de Arellano et al. (2021), que también reportó proyectos en niveles menores o iguales que 3 para los mismos usos. De este modo, se puede afirmar que la industria de la construcción en Ecuador está experimentando una evolución en la adopción de la metodología BIM.

Los usos más relevantes de la metodología BIM en las empresas ecuatorianas de nivel promedio 4 incluyen la estimación de costos, el análisis de sitios, la programación espacial, la revisión de diseño, el análisis de ingeniería y la coordinación en 3D, los cuales fueron clasificados como de medio-alto uso BIM (Rojas et al., 2019), según el análisis de variabilidad. Estos resultados coinciden con los hallazgos de Abdallah, et al. (2023), quienes identificaron que la coordinación espacial es la función más eficaz dentro de BIM, impactando positivamente en las primeras fases del proyecto en el contexto de Malasia. Asimismo, destacaron la importancia de la estimación cuantitativa y de costos. Estas características y beneficios, observados en diversos marcos de análisis y países, apuntan a una mejora en la industria AEC. No obstante, a nivel local, aún queda un camino por recorrer para lograr una implementación generalizada y eficiente de esta metodología.

La implementación de BIM en el país de Ecuador enfrenta desafíos similares a los observados en otros contextos internacionales, como en el caso de Malasia, donde el sector privado ha sido el principal motor de la adopción de BIM (Salleh et al., 2023). Varias fuentes (Abdallah et al., 2023; Ardani et al., 2022; Lu et al., 2014, Sompolgrunk et al., 2022) destacan la falta de datos accesibles y la ausencia de herramientas claras para medir los costos y beneficios de BIM, lo cual dificulta la adopción generalizada. La investigación responde a esta preocupación proponiendo un marco de análisis de costos anuales aplicado en las empresas ecuatorianas, lo que ofrece información de egresos y una metodología para medir los costos en la industria de la construcción asociados con la implementación de BIM.

Los salarios anuales manejados en el contexto nacional considerando los 5 roles encontrados (modelador, documentador, coordinador, mánager y líder) en las empresas ecuatorianas y el nivel BUA, se ubican en un rango general de \$13 000 a \$18 000. Sin embargo, es relevante destacar que, en los niveles bajo-medio de implementación de BIM, el rol de modelador presenta un rango salarial de \$6 000 a \$12 000, mientras que el rol de mánager alcanza un rango de \$19 000 a \$24 000. Al comparar estos valores con los estudios previos realizados en Malasia (Mohd Fateh & Aiman, 2022), se observa que el salario anual para un mánager BIM en ese país es de 103 954 RM (aprox. 23 292.22 USD), mientras que el salario de un coordinador BIM se encuentra en 51,923 RM (aprox. 11 634.50 USD). Estos

datos reflejan una similitud significativa entre el mercado laboral de ambos países, lo que sugiere una tendencia global en la remuneración de los roles asociados con la metodología BIM.

La adopción de nuevas metodologías, como la BIM, implica una inversión inicial adicional en comparación con los métodos tradicionales, lo que conlleva costos incrementales en varios aspectos de la operación de una empresa, siendo el personal uno de los componentes más afectados. En particular, los conocimientos técnicos adquiridos, tales como la experiencia en el ámbito de BIM, son un factor crucial en este proceso (Lu et al., 2014). En el presente estudio, este aspecto se traduce en los roles BIM, y los resultados mostraron que se identificaron un total de cinco roles, dos más de los reportados por estudios previos (Davies et al., 2017; Miyoung et al., 2017; Shin et al., 2018). Esto sugiere una mayor diversidad en la estructura organizacional de la industria ecuatoriana, reflejada en la distribución de responsabilidades y funciones. Siguiendo la corriente de la región latinoamericana (Ricalde, 2023).

El análisis reveló que el modelador está presente en todas las empresas, mientras que el mánager aparece en más de la mitad de las organizaciones. Por su parte, los roles de documentador, coordinador y líder tienen una presencia que apenas alcanza el tercio de las empresas. Aunque el modelador es uno de los roles esenciales al implementar BIM, en aquellos casos donde no se dispone de personal especializado en los conceptos y prácticas de BIM, como señala Afifi et al. (2013), estos costos adicionales aumentarán el gasto operativo al incorporar el enfoque BIM en las empresas. Además, una implementación con una cantidad de roles menores a 2 (menor complejidad organizacional) coloca a las empresas en un estado de aprovechamiento limitado en la información de los modelos implicando un bajo-medio uso del BIM. Lo cual como menciona Bialas et al. (2019) genera la necesidad y costos por programas de capacitación para garantizar la operabilidad efectiva.

En contraste, el tamaño de las empresas estudiadas en la presente investigación, entendido en términos de la cantidad de empleados mas no la complejidad organizacional, emerge como un factor determinante que impacta directamente en los costos asociados a la capacidad del personal. En el contexto ecuatoriano, las empresas CN (40 empleados) y KS (29 empleados) ejemplifican de manera clara la relación entre el número de empleados y el mercado objetivo al que buscan acceder, particularmente en lo que respecta a su alta inversión inicial y al uso intensivo de BIM, con costos superiores a los \$536 000 aproximadamente. Estas empresas, junto con YL, son las únicas que presentan costos elevados en las primeras etapas de implementación. Este hallazgo se alinea parcialmente con lo señalado por Dainty et al. (2017), quienes sugieren que un mayor nivel de adopción de BIM no siempre garantiza mejores resultados, especialmente en el caso de las pequeñas empresas. Además, concuerda con la afirmación de (Mohd Fateh & Aiman, 2022), quienes argumentan que la adopción de BIM ha sido impulsada principalmente por grandes empresas con mayores capacidades financieras. No obstante, el caso de YL, que cuenta con un equipo reducido de solo 7 empleados, sugiere que en Ecuador el mercado objetivo juega un papel

crucial en las decisiones sobre los riesgos y beneficios asociados con la implementación de BIM. Este fenómeno, en consecuencia, demuestra que incluso las empresas de menor tamaño pueden asumir altos costos iniciales de implementación, dependiendo de las características y exigencias del mercado al que se dirigen.

Complementando, en el contexto de las empresas ecuatorianas dedicadas a la planificación y el diseño, especialmente aquellas de tamaño mediano y pequeño (con menos de 10 empleados), se observa una distribución variada en cuanto a los niveles de uso de BIM, que abarcan desde un uso bajo hasta uno alto. Estas empresas, además, presentan costos iniciales totales relativamente bajos (por debajo de los \$318 000), operando a nivel nacional. En términos específicos, los costos iniciales mínimos para la implementación de BIM se distribuyen de la siguiente manera: \$114,373 (JR – BUA 2), \$60,075 (VK – BUA 3) y \$141,011 (DO – BUA 4). Estos resultados contrastan con lo señalado por Bialas et al. (2019), quienes, en el contexto alemán, afirman que las pequeñas oficinas de planificación (con 1-5 empleados) tienden a utilizar BIM con menor frecuencia que las oficinas más grandes (con más de 19 empleados). Según Bialas et al. (2019), los costos de implementación también son más altos en las pequeñas oficinas debido a la limitación de recursos. Sin embargo, en el presente estudio, se observa que empresas de tamaño pequeño (como VK, con 3 empleados y un uso medio de BIM) reportan costos iniciales relativamente bajos, lo que refuerza la idea de que incluso empresas pequeñas en Ecuador pueden implementar BIM de manera efectiva, desafiando parcialmente las afirmaciones. De hecho, las diferencias entre los límites mínimos de costos de implementación en empresas con niveles de uso bajo y alto de BIM son mayores, con una diferencia de aproximadamente \$40,000 entre los distintos niveles.

Los costos anuales por profesional relacionados con las capacitaciones continuas en Ecuador, según el nivel BUA, presentan variaciones notables. En los niveles altos de implementación de BIM, más del 60% de las empresas reportan costos entre \$500 y \$1 500, y menos del 40% incurre en costos que van de \$3 100 a \$25 000. Estos valores coinciden parcialmente con los hallazgos de literaturas previas (Latiffi et al., 2014; Mohd Fateh & Aiman, 2022), quienes reportaron un costo de 90 000RM por sesión (aprox. \$20 202.35 USD), reflejando los límites máximos más altos, aunque menos frecuentes, en la industria ecuatoriana. Esto muestra que los costos en Ecuador siguen siendo relativamente moderados en comparación con mercados más avanzados, lo que podría reflejar una fase de transición en el sector.

No obstante, es importante señalar que el presente estudio no identificó un patrón claro en la gestión de los costos de capacitación entre las empresas. Sin embargo, se observó que la formación continua podría estar vinculada a un mayor nivel de adopción de BIM, así como a mayores tasas de reducción de costos a lo largo del tiempo, lo que resalta su importancia (Dakhil et al., 2019; García, Mollaoglu, & Syal, 2018) y necesidad. A pesar de ello, la capacitación puede constituir una barrera para la adopción de prácticas circulares que involucren el uso de BIM, debido a los elevados costos de inversión asociados (AlJaber, et al., 2023; Jasiński, 2020). En este sentido, la decisión de las empresas de implementar o no

está capacitación dependerá de su perspectiva, siendo la opción de no capacitarse, en última instancia, una alternativa a considerar.

Al combinarse las categorías de capacidad tecnológica y capacidad del personal en un solo componente, se constituye un riesgo significativo que limita la adopción de BIM en las pequeñas y medianas empresas (Alasmari et al., 2023). Aunque la capacidad tecnológica representa el 38.41% (Q3) de los costos totales en el primer año, frente al 80.81% (Q3) asociado a la capacidad del personal, los resultados del presente estudio muestran que la distribución porcentual de costos integrados atribuida a la capacidad tecnológica sigue siendo relevante. Este hallazgo coincide con estudios previos, como los de Giel y Issa (2013) y Salleh et al. (2023), que identifican la capacidad tecnológica, especialmente en lo relacionado con el software, como una de las principales preocupaciones de los clientes.

Las empresas que reportaron costos en la categoría de capacidad tecnológica en los primeros años de implementación de BIM muestran valores de \$13 945 (VK – BUA 3) y \$32 060 (GN – BUA 4), con un número de empleados de 3 y 9, respectivamente. Al comparar estos datos con los presentados por Jasiński (2020), en un estudio de caso de una empresa polaca de tamaño mediano con 12 empleados, se observa que los costos tecnológicos (software y hardware) netos aumentaron en un 60% tras la implementación de BIM, alcanzando un total de 79 026 PLN (aprox. 19 169.20 USD) en 2019. Este contraste sugiere que las empresas de tamaño medio en países en desarrollo, como Ecuador, enfrentan costos significativamente más altos (casi el doble) en comparación con aquellas en países desarrollados como Polonia. Este hecho podría considerarse una barrera asociada a las diferencias en los niveles de desarrollo entre ambos contextos.

Dentro de la capacidad tecnológica, las licencias de programas, herramientas o plataformas de modelado de información, identificadas como costos de software (SFTW) en el presente estudio, representan una de las principales inversiones al implementar BIM, debido a los gastos asociados con su instalación y mantenimiento, como señalan Holzer (2016) y Hong et al. (2019). Los valores predominantes observados en el mercado, reportados en este estudio, son de \$3 300 para los niveles de uso alto de BIM y \$2 545 (Anexo 34) para los niveles de uso bajo-medio, lo cual concuerda con los hallazgos de Ahmad Jamal et al. (2019) y Jasiński (2020), quienes indican que estos costos conllevan a ser mayores o supuestamente caros. Además, se observó una mayor diversidad en la gama de herramientas utilizadas en los niveles altos de adopción de BIM, lo que, según Yusuf et al. (2017), ofrece soluciones de software variadas, cada una con sus pros y contras, lo que requiere un análisis y preparación más profundos.

De manera similar, los costos asociados a los equipos tecnológicos (HRDW), derivados de la modernización (Liu et al., 2017; Hong et al., 2019) e innovación, exigen la adquisición de hardware actualizado, conforme a las últimas especificaciones (Olatunji & Sher, 2014). El presente estudio encontró que, en general, las empresas que implementan BIM en Ecuador se están actualizando la mayoría de sus procesadores cada 6 años, lo que

podría indicar una renovación tecnológica relativamente lenta en respuesta a la digitalización acelerada. Sin embargo, esta conclusión no es definitiva, ya que el análisis muestra que los procesadores de hace 6 años aún forman una gran parte de los equipos de las empresas permaneciendo en uso durante los períodos actuales. Estos resultados podrían ayudar a dar una idea sobre la gestión del remplazo de los equipos que se traducen en costos.

En relación con el análisis previo, los costos asociados al hardware (HRDW), según los distintos niveles de uso de BIM, varían notablemente dependiendo del rango de adquisición de equipos. Para las empresas que implementan un uso alto de BIM, los costos se ubican cerca de \$1 200 y \$2 800, mientras que, en las organizaciones con un uso bajo-medio de esta metodología, los precios de adquisición se sitúan alrededor de los \$1 500. Como señalan (Mohd Fateh & Aiman, 2022) las aplicaciones de BIM difieren significativamente entre productos y desarrolladores, lo que hace que los precios estén influenciados por factores como la naturaleza del proyecto, las dinámicas del mercado y los planes de mantenimiento. A pesar de estas variaciones, se observa una tendencia creciente hacia un aumento en el rango de precios de adquisición, especialmente en las empresas con un uso avanzado de BIM. Esto refleja la diversidad de herramientas tecnológicas y dispositivos de hardware requeridos. En este sentido, Omar & Mohd Fateh (2023) subrayan que algunas empresas deben adquirir nuevos dispositivos, mientras que otras se ven en la necesidad de actualizar sus equipos existentes. Este fenómeno es particularmente relevante en el contexto ecuatoriano, donde el nivel de adopción de BIM influye de cierta manera en las decisiones relacionadas con la infraestructura tecnológica.

Una identificación inadecuada de los equipos de hardware (HRDW) puede generar costos adicionales que podrían evitarse mediante un análisis más detallado de las necesidades específicas y, en el contexto de este estudio, de las tendencias del mercado en función de los niveles de uso de BIM. Las especificaciones técnicas clave observadas en los equipos fueron: 1) procesador Intel® Core™ i7, 2) almacenamiento de 1TB (BUA 4) y 500GB (BUA 2-3), 3) memoria RAM de 16GB (BUA 4) y 32GB (BUA 2-3), y 4) tarjetas gráficas dedicadas (GPU). Estas características clave coinciden con las recomendaciones de Yusuf et al. (2017), quienes identificaron como factores cruciales para la adquisición de hardware la capacidad de almacenamiento, la memoria, la velocidad de procesamiento y el manejo de archivos. Adicionalmente, contar con una infraestructura adecuada resulta esencial para garantizar el correcto funcionamiento de las tecnologías implementadas. Como señala Jasiński (2020), incrementa la capacidad de almacenamiento y velocidad de conexión.

En relación con el equipo tecnológico necesario para la implementación de BIM en el contexto ecuatoriano, Moyón & Samaniego (2023) reportaron un presupuesto total de \$4 045 para los "requerimientos mínimos tecnológicos". Este presupuesto incluía un procesador Core i5, 30 GB de espacio libre en disco, 8 GB de RAM y una tarjeta gráfica con 4 GB de memoria, con un costo de \$1 500 para el equipo y \$2 545 para el software Revit. Al comparar estos datos con los resultados obtenidos en el presente estudio, se observa que, en el contexto de las empresas ecuatorianas, los equipos informáticos con especificaciones mínimas no son



suficientes para satisfacer las exigencias complejas del diseño y la planificación de proyectos de construcción. De hecho, el uso de equipos con tales características podría generar un aumento en los costos en otras áreas operativas y limitar la efectividad de BIM, restringiendo su aplicabilidad en proyectos de mayor escala.

Un análisis complementario relevante en el contexto nacional es el realizado por Maya (2018), quien evaluó la viabilidad económica de la metodología BIM. En su estudio, Maya estimó una inversión anual total de \$278 683.44 para una empresa compuesta por 9 profesionales. Al comparar estos resultados con los obtenidos en la investigación actual, bajo condiciones similares, se observa que dos empresas con el mismo número de empleados y nivel de uso de BIM (9 empleados, BUA 4) reportaron costos de \$210 055 y \$92 360. Además, otras dos empresas con estructuras de costos comparables, una con 7 empleados (\$212 700 - BUA 4) y otra con 29 empleados (\$205 400 - BUA 4), se asemejaron durante su primer año de implementación de BIM. Estos resultados respaldan la conclusión de que el tamaño de la empresa no es un factor determinante para la viabilidad o el nivel de adopción de BIM dentro de Ecuador.

Por último, en la presente investigación, se obtuvieron resultados de costos tanto por persona como por metro cuadrado, aunque estos deben considerarse como una aproximación simplificada, dado que existen múltiples factores y variaciones asociadas al nivel de uso de BIM y las condiciones del mercado. Un análisis similar en la observación de factores fue realizado por Qian (2012) en Singapur, quien incluyó en su estimación los costos de hardware, software, capacitación (curva de aprendizaje) y mantenimiento continuo. Según su estudio, los costos por empleado variaban entre 18 000 SGD y 30 000 SGD, lo que, considerando la inflación acumulada en Ecuador desde 2012 hasta 2023, se traduce en un rango actual de aproximadamente 17 995.30 USD a 29 992.15 USD. Al comparar estos valores con los resultados obtenidos basados en condiciones similares (Anexo 35), se observó que, en el contexto ecuatoriano, el costo por persona en las empresas estudiadas varió entre un mínimo de 1 650.60 USD (JR – BUA 2) y un máximo de 30 385.71 USD (YL – BUA 4) en el análisis del primer año de implementación. Estos hallazgos sugieren que, aunque los costos en Ecuador se alinean con las tendencias observadas en contextos internacionales, las diferencias en los rangos mínimos subrayan la necesidad de una planificación más precisa y adaptada a las condiciones particulares de cada empresa, así como una consideración más profunda de las características locales del mercado.

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES**

### **5.1 Conclusiones**

Luego de analizar los costos de implementación de BIM en nueve empresas de diversas provincias de Ecuador, se concluye que el capital humano es el recurso más relevante en términos de costos asociados a la adopción de BIM, seguido por la capacidad tecnológica y por lo más bajo el espacio de trabajo. Estos factores influyen tanto en las inversiones iniciales como en los costos recurrentes a lo largo de los años.

Al desglosar los costos y analizar las tendencias, se identificaron patrones ascendentes en varios aspectos a medida que aumenta el nivel de uso de BIM, como la tasa de reducción de costos, los costos en capacitación anual por profesional, la complejidad de la estructura operativa o el número de roles BIM, la uniformidad y aumento de los costos de adquisición de equipos tecnológicos, los paquetes de herramientas BIM (agrupadas en un solo producto) y costos en licencias, las plataformas de integración de información y la conectividad, así como el área del inmueble. Por otro lado, los patrones descendentes se observaron en factores como el salario anual por profesional, la unificación de responsabilidades, la centralización de datos en nubes de almacenamiento, los suministros y la incertidumbre en las necesidades específicas, las cuales pueden aumentar los costos de financiamiento de las empresas. En cuanto a los aspectos neutrales, se destacan la cantidad de personal y el porcentaje dedicado a la capacitación, a excepción de aquellas empresas que no invierten en capacitación.

Finalmente, la suma y resta de los efectos de estas variables, observa que no hay una tendencia clara de crecimiento o decrecimiento de los costos totales en relación con los niveles de uso de BIM, más allá de la dependencia del tamaño de la empresa (número de empleados) y el mercado objetivo a satisfacer. Esto sugiere que es posible implementar BIM de manera eficiente en niveles superiores sin que ello implique un aumento significativo en los costos ni requiera cambios drásticos en el flujo de caja de las empresas.

### **5.2 Limitaciones**

Este estudio presenta varias limitaciones que deben ser consideradas al interpretar sus resultados. En primer lugar, la muestra utilizada fue reducida (solo 9 empresas) y se seleccionó mediante un muestreo por conveniencia, debido a la reticencia de los representantes a compartir información, citando preocupaciones sobre la protección de datos. Aunque se realizó una búsqueda nacional, solo participaron empresas de 4 provincias, y en tres de ellas (Guayas, Santo Domingo y Azuay) solo se contó con la participación de una empresa por provincia, lo que limita la generalización de los hallazgos a otras regiones del país con condiciones económicas significativamente diferentes. En segundo lugar, el diseño transversal del estudio no permite establecer relaciones causales o correlaciones, sino que se restringe a identificar relaciones y asociaciones entre las variables, lo que limita la profundidad de los análisis e impide una interpretación más robusta de los resultados, dado el alcance descriptivo de la investigación. Finalmente, los costos de implementación de BIM fueron medidos en base a temporalidades anuales, lo que podría haber llevado a una

generalización excesiva de los costos, sin considerar las fluctuaciones a corto plazo que podrían influir en la toma de decisiones dentro de proyectos específicos.

### **5.3 Recomendaciones**

En la adopción de la metodología BIM se requiere una base sólida de conocimientos técnicos específicos, especialmente en herramientas de modelado y colaboración digital. Se recomienda que las empresas mantengan la implementación de programas de capacitación continua que aborden tanto el uso de software BIM avanzado como la integración colaborativa en las diferentes fases del proyecto.

Asimismo, se sugiere realizar evaluaciones periódicas de los sistemas tecnológicos para asegurar que estos mantengan una vigencia que justifique los costos de actualización y mantenimiento.

Se recomienda la creación de políticas gubernamentales que regulen aspectos fundamentales, como la validación normativa automatizada y la estandarización de los procedimientos. Estas políticas deben incluir incentivos para la adopción de BIM en proyectos públicos y privados, fortaleciendo la infraestructura digital del sector y contribuyendo al desarrollo de una cultura tecnológica en la industria ecuatoriana. Este enfoque permitiría incrementar la adopción de BIM en sectores donde actualmente es limitado y contribuiría a un desarrollo más equilibrado de la industria de la construcción en Ecuador.

Es esencial realizar un análisis detallado del mercado objetivo que las empresas buscan abordar, con el fin de impulsar la adopción de la metodología BIM en PYMES del sector de planificación y diseño (especialmente consultoras). Este análisis debe incluir una evaluación de los costos asociados, así como de los componentes y habilidades clave que facilitarían la transición a BIM, identificando oportunidades para optimizar el proceso y superar posibles barreras.

## CAPÍTULO VI. PROPUESTA

La variación de los costos observada en las empresas con un alto nivel de uso de BIM podría estar influenciada por el mercado objetivo al que estas empresas atienden, ya sea a nivel nacional o internacional, lo que afecta tanto las necesidades constructivas como los recursos disponibles. Se propone un estudio enfocado en identificar las razones subyacentes que explican el alto nivel de adopción de BIM, considerando factores como la solvencia del mercado objetivo, así como el volumen y complejidad de los proyectos que estas empresas gestionan. Este análisis permitirá comprender cómo estos elementos inciden en los costos de implementación y en la efectividad de la metodología BIM.

Es importante evaluar la relación entre la inversión en capacitación y los beneficios operativos obtenidos en empresas que implementan BIM. Esta línea de investigación podría profundizar en los efectos de la capacitación continua en la productividad de los empleados (curva de aprendizaje), el ahorro de costos y la eficiencia del proyecto. Los resultados de esta investigación servirían como base para definir las mejores prácticas en programas de formación BIM en el sector de la construcción.

El personal representa una parte significativa de las inversiones iniciales en la implementación y mantenimiento de BIM. Sin embargo, este estudio no consideró al equipo como un factor dinámico a lo largo del proceso. En este contexto, se sugiere una línea de investigación que analice el costo de oportunidad asociado al uso de especialistas, derivado del traslape y la redistribución de responsabilidades a lo largo de las distintas etapas del ciclo de vida de los proyectos de construcción. Los hallazgos de este estudio permitirán evaluar cómo estas decisiones impactan en el rendimiento y la productividad de la implementación de BIM, proporcionando datos clave para optimizar la asignación de recursos humanos y maximizar la eficiencia en la gestión de proyectos.

El estudio actual ha abordado los costos fijos asociados a la implementación de BIM dentro de las empresas manteniéndose constantes independientemente del volumen y la cantidad de proyectos ejecutados durante el año. Sin embargo, este enfoque deja un vacío de conocimiento significativo en cuanto a los costos variables, específicamente aquellos relacionados con las subcontrataciones y la rotación de personal, los cuales pueden estar influenciados por la naturaleza y complejidad de los proyectos gestionados bajo la metodología BIM. Se propone, por tanto, realizar investigaciones que profundicen en el análisis de estos costos dinámicos, para comprender cómo las decisiones relacionadas con la gestión laboral y la distribución de recursos humanos impactan en la eficiencia operativa y la sostenibilidad económica de las empresas que implementan BIM. Estos estudios permitirían ofrecer una visión más integral del impacto económico de BIM, más allá de los costos iniciales y fijos asociados a su adopción

## BIBLIOGRAFÍA

- Abdallah, A., Doloi, H., & Holzer, D. (2023). Exploring the application of BIM in Tanzanian public sector projects using social network analysis. *Built Environment Project and Asset Management*, 13(4), 552–573. <https://doi.org/10.1108/BEPAM-01-2023-0026>
- Afifi, A. A., & Sastry, S. V. S. (2013). BIM problems faced during implementation. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Ahmad Jamal, K., Mohammad, M., & Hashim, N. (2019). Building information modelling (BIM) for sustainable industry: The Malaysian architect's perspective. *Journal Name*, 12, 61–72.
- Ahmad Latiffi, A., Brahim, J., Mohd, S., & Fathi, M. S. (2014). The Malaysian Government's initiative in using Building Information Modeling (BIM) in construction projects. *ISEC 2014 Proceedings*. [https://doi.org/10.14456/ISEC.RES.2014/978-0-9960437-0-0\\_C-23\\_v4\\_194](https://doi.org/10.14456/ISEC.RES.2014/978-0-9960437-0-0_C-23_v4_194)
- Alarcón, L. F., & Diethelm, S. (2002). ORGANIZANDOSE PARA IMPLEMENTAR PRACTICAS LEAN EN EMPRESAS CONSTRUCTORAS. *Ingeniería de construcción*, 17(1). Recuperado el febrero de 2024
- Alasmari, E., Martinez-Vazquez, P., & Baniotopoulos, C. (2023). An Analysis of the Qualitative Impacts of Building Information Modelling (BIM) on Life Cycle Cost (LCC): A Qualitative Case Study of the KSA. *Buildings*, 13(8), 2071. <https://doi.org/10.3390/buildings13082071>
- AlJaber, A., Martinez-Vazquez, P., & Baniotopoulos, C. (2023). Barriers and Enablers to the Adoption of Circular Economy Concept in the Building Sector: A Systematic Literature Review. *Buildings*, 13(11), 2778. <https://doi.org/10.3390/buildings13112778>
- Arellano, K. E., Valles, A. I. A. A., Campoverde, T. O. C., & Herrera, R. F. (2021). ASSESSMENT OF BIM USE IN THE EARLY STAGES OF IMPLEMENTATION. *Revista Ingeniería de Construcción*, 36(3), 311–321. <https://doi.org/10.7764/RIC.00005.21>
- Ardani, J. A., Utomo, C., Rahmawati, Y., & Nurcahyo, C. B. (2022). Review of previous research methods in evaluating BIM investments in the AEC industry. In S. Belayutham, C. K. I. Che Ibrahim, A. Alisibramulisi, H. Mansor, & M. Billah (Eds.), *Proceedings of the 5th International Conference on Sustainable Civil Engineering Structures and Construction Materials: SCESCM 2020* (Lecture Notes in Civil Engineering, Vol. 215, pp. 1273–1286). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-7924-7\\_83](https://doi.org/10.1007/978-981-16-7924-7_83)
- Bialas, F., Wapelhorst, V., Brokbals, S., & Čadež, I. (2019). Quantitative Querschnittsstudie zur BIM-Anwendung in Planungsbüros: Vorteile und Hemmnisse bei der Implementierung der BIM-Methodik. *Bautechnik*, 96, 287–297. <https://doi.org/10.1002/bate.201800103>

- Claudio Espinel, Y. E., & Salazar Ocaña, R. M. (2022). *Causas del bajo nivel de uso de la metodología BIM, sujeto de estudio 23 proyectos privados del Ecuador*. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9147>
- Dainty, A., Leiringer, R., Fernie, S., & Harty, C. (2017). BIM and the small construction firm: a critical perspective. *Building Research & Information*, 45(6), 696–709. <https://doi.org/10.1080/09613218.2017.1293940>
- Dakhil, A., Underwood, J., & Alshawi, M. (2019). Critical success competencies for the bim implementation process: Uk construction client, *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 24(12), 80–94. <https://www.itcon.org/2019/5>
- Davies, K., Wilkinson, S., & McMeel, D. (2017). A review of specialist role definitions in BIM guides and standards. *Journal of Information Technology in Construction*, 22(June), 185–203.
- García, A. J., Mollaoglu, S., & Syal, M. (2018). Implementation of bim in small home-building businesses, *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 23(2), 04018007. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)SC.1943-5576.00003](https://doi.org/10.1061/(ASCE)SC.1943-5576.00003)
- Giel, B. K., & Issa, R. R. A. (2013). Return on investment analysis of using building information modeling in construction. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 27(5), 511–521. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487.0000164](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000164)
- Holzer, D. (2016). *The bim manager's handbook: Guidance for professionals in architecture, engineering, and construction*, John Wiley & Sons, United Kingdom.
- Hong, Y., Hammad, A., & Akbarnezhad, A. (diciembre de 2019). Forecasting the net costs to organisations of building information modelling (bim) implementation at different levels of development (lod). (M. D. A., Ed.) *Journal of Information Technology in Construction*. Recuperado el 4 de marzo de 2024, de <http://www.itcon.org/2019/33>
- Hong, Y., Hammad, A., Akbarnezhad, A., & Arashpour, M. (noviembre de 2020). A neural network approach to predicting the net costs associated with BIM adoption. *Automation in Construction*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103306>
- Inicio - Planbim*. (n.d.). Retrieved July 26, 2023, from <https://planbim.cl/>
- Jasiński, A. (2020). Impact of BIM implementation on architectural practice. *Architectural Engineering and Design Management*, 17(5–6), 447–457. <https://doi.org/10.1080/17452007.2020.1854651>
- Kreider, R. G., & Messner, J. I. (2013). *The Uses of BIM: Classifying and Selecting BIM Uses: Vol. Version 0.9*. The Pennsylvania State University. <http://bim.psu.edu>
- Liu, Y., van Nederveen, S., & Hertogh, M. (2017). Understanding effects of BIM on collaborative design and construction: An empirical study in China. *International Journal of Project Management*, 35(4), 686–698. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.06.007>
- Lu, W., Fung, A., Peng, Y., Liang, C., & Rowlinson, S. (2014). Cost-benefit analysis of Building Information Modeling implementation in building projects through demystification of time-effort distribution curves. *Building and Environment*, 82, 317–327. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.08.030>
- Liu, Z., Lu, Y., & Peh, L. C. (2019). A Review and Scientometric Analysis of Global Building Information Modeling (BIM) Research in the Architecture, Engineering and

- Construction (AEC) Industry. *Buildings* 2019, Vol. 9, Page 210, 9(10), 210. <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS9100210>
- Machado, F. A., Delatorre, J. P. M., & Ruschel, R. C. (2021). BIM in Latin American Countries: An Analysis of Regulation Evolution. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 98, 425–451. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-51295-8\\_30/COVER](https://doi.org/10.1007/978-3-030-51295-8_30/COVER)
- Maya Santacruz, L. F. (2018). *Análisis de la viabilidad para la implementación de metodologías y procesos Building Information Modeling en proyectos de ingeniería y construcción en el Ecuador*. Universitat Politècnica de Catalunya. Escuela Politècnica Nacional. Quito: Escuela Politècnica Nacional. Recuperado el febrero de 2024
- Merizalde, R. (2017). *Análisis de la evolución del sector de la construcción en el Ecuador en el período 2010 – 2016 y sus efectos en la economía nacional*. Universidad de Especialidades Espíritu Santo. Samborondón: Universidad de Especialidades Espíritu Santo. Recuperado el febrero de 2024
- Miyoung, U., Ghang, L., & Boyoung, J. (2017). An analysis of BIM jobs and competencies based on the use of terms in the industry. *Automation in Construction*, 81, 67–98. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.06.002>
- Mohd Fateh, M. A., & Aiman, A. (2022). The cost profile of building information modelling implementation in Malaysia. *Malaysian Construction Research Journal*, 14, 109.
- Moyón, C., & Samaniego, E. (2023). *Factores que dificultan al gobierno ecuatoriano el impulso de la Metodología Building Information Modeling (BIM)*. Tesis, Universidad Nacional de Chimborazo, Ingeniería Civil, Riobamba. Recuperado el 4 de marzo de 2024, de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10594>
- Olatunji, O. A., & Sher, W. (2014). Perspectives on Modelling BIM-enabled Estimating Practices. *Construction Economics and Building*, 14(4), 32-53. <https://doi.org/10.5130/AJCEB.v14i4.4102>
- Omar, F., & Mohd Fateh, M. A. (2023). COST BENEFIT ANALYSIS (CBA) IN BUILDING INFORMATION MODELLING (BIM) APPLICATION IN GOVERNMENT HEALTHCARE FACILITIES PROJECTS IN MALAYSIA. *PLANNING MALAYSIA*, 21(26). <https://doi.org/10.21837/pm.v21i26.1257>
- Paguay Monteros, F. M., & Reyes Cruz, J. D. (Junio de 2020). *Escuela Politècnica Nacional*. Recuperado el febrero de 2024, de Escuela Politècnica Nacional: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21056/1/CD%2010572.pdf>
- Plan BIM México | Implementación de la metodología BIM | ONG |*. (n.d.). Retrieved July 26, 2023, from <https://www.planbimmexico.org/>
- Qian, A. Y. (2012, julio 4). *Benefits and ROI of building information modeling (BIM) for multi-disciplinary project management: A Singapore perspective* (Tesis de licenciatura, National University of Singapore). ScholarBank@NUS Repository. <https://scholarbank.nus.edu.sg/handle/10635/223283>
- Quevedo Flores, J. F. (2021). *IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM Y UTILIZACIÓN DE LA REALIDAD AUMENTADA EN UNA EMPRESA*

- CONSTRUCTORA EN CUENCA, ECUADOR*. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya. Recuperado el febrero de 2024
- Ren, G., Li, H., Ding, R., Zhang, J., Boje, C., & Zhang, W. (2019). Developing an information exchange scheme concerning value for money assessment in Public-Private Partnerships. *Journal of Building Engineering*, 25, 100828. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.100828>
- Ricalde, L. (2023). Roles BIM según los distintos países de LATAM. *KONSTRUEDU.COM*. <https://konstruedu.com/es/blog/roles-bim-segun-los-distintos-paises-de-latam>
- Robles Rodríguez, J., & Velásquez García, L. (2013). Estructura y desempeño del sector de la construcción en México. (E. Cotidiano, Ed.) *El Cotidiano*, ISSN:0186-1840(182), 106. Recuperado el febrero de 2024, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=32529942011>
- Rojas, M. J., Herrera, R. F., Mourgues, C., Ponz-Tienda, J. L., Alarcón, L. F., & Pellicer, E. (2019). BIM use assessment (BUA) tool for characterizing the application levels of BIM uses for the planning and design of construction projects. *Advances in Civil Engineering*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/9094254>
- Salleh, H., Ahmad, A. A., Abdul-Samad, Z., Alaloul, W. S., & Ismail, A. S. (2023). BIM Application in Construction Projects: Quantifying Intangible Benefits. *Buildings*, 13(6), 1469. <https://doi.org/10.3390/buildings13061469>
- Sarvari, H., Chan, D. W. M., Rakhshanifar, M., Banaitiene, N., & Banaitis, A. (2020). Evaluating the Impact of Building Information Modeling (BIM) on Mass House Building Projects. *Buildings* 2020, Vol. 10, Page 35, 10(2), 35. <https://doi.org/10.3390/BUILDINGS10020035>
- Shin, M. H., Lee, H. K., & Kim, H. Y. (2018). Benefit-cost analysis of Building Information Modeling (BIM) in a railway site. *Sustainability (Switzerland)*, 10(11), 1–10. <https://doi.org/10.3390/su10114303>
- Sompolgrunk, A., Banihashemi, S., Hosseini, M. R., Golzad, H., & Hajirasouli, A. (2023). An integrated model of BIM return on investment for Australian small- and medium-sized enterprises (SMEs). *Engineering, Construction and Architectural Management*, 30(5), 2048–2074. <https://doi.org/10.1108/ECAM-09-2021-0839>
- Soto, C., & Manríquez, S. (2023). *Guía básica BIM para funcionarios públicos*. *Scioteca*. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/2020>
- Váscones Gavica, B. C., & Villena Izurieta, N. P. (20 de enero de 2018). *Revista Espacios*. Recuperado el febrero de 2024, de *Revista Espacios*: <https://www.revistaespacios.com/a18v39n16/18391644.html>
- Yusuf, A., Counsell, J., Mahdjoubi, L., Nagy, G., Hawas, S., & Dweidar, K. (2017). *Heritage building information modelling* (1st ed.). Routledge. [https://www.amazon.com/Heritage-Building-Information-Modelling-Arayici-ebook/dp/B06VTDK44W/ref=sr\\_1\\_2?dchild=1&keywords=Heritage+Building+Information+Modelling&qid=1622560655&sr=8-2](https://www.amazon.com/Heritage-Building-Information-Modelling-Arayici-ebook/dp/B06VTDK44W/ref=sr_1_2?dchild=1&keywords=Heritage+Building+Information+Modelling&qid=1622560655&sr=8-2)



## ANEXOS

Anexo 1. Registro de las respuestas en la plantilla de la herramienta BUA de la empresa VK

EMPRESA "VK"													
Plan	Cost Estimation	A BIM model is used to generate accurate quantity take-offs and cost estimates.	Level	Source of quantities				Type of model			Applied Systems		
			3	Manual	Just view	Report	Integration	2D	3D	BIM	<50%	>50%	
	Phase Planning	A 4D BIM model is utilized to effectively plan, especially spatial planning, including spatial clashes and paths.	Level	4D model		Type of use		Link type					
			1	4D	Communic.	Manual	Auto	Manual	Auto				
	Site Analysis	BIM/GIS is used to select and evaluate a site location and to select a building position on the site.	Level	Type of model		Type analysis							
			5	BIM	GIS	Location by visualization	Site options	Location by analysis					
Design	Space Programming	A BIM model is used to design and analyse the project's spaces and rooms and to assign to each space a use and its measurements.	Level	Type of model			Distribution analysis						
			4	2D	3D	BIM	Manual	Consults	Report	Auto			
	Design Review	A process in which stakeholders interact with a BIM model and provide their feedback to validate multiple design aspects.	Level	Type of model			Immersive lab		List of requirements				
			4	2D	3D	BIM	No	Yes	Informal	Formal			
	Code Validation	A process in which code validation software is utilized to check the model parameters against project-specific design or construction codes or norms.	Level	Type of software			Type of model			Applied system		Level of mock-up	
			1	Manual	Consults	Auto	2D	3D	BIM	<50%	>50%	Geometry	Parametric
Design	Sustainable analysis	A process in which the sustainability of a facility is evaluated and tracked using a sustainability metric system	Level	Type of model			Type of software			Applied system			
			3	2D	3D	BIM	Manual	Consults	Auto	<50%	>50%		
	Engineering analysis	A BIM model and specialized software are used to conduct an engineering analysis to identify the most efficient method or design.	Level	Type of model			Compatible software	Applied system		Documentation			
			2	2D	3D	BIM		<50%	>50%	2D	3D		
	Design Authoring	A process in which 3D software is used to develop a Building Information Model. A project is designed in a BIM model, where the typical iterations of a project are made, and everything is built directly in the BIM software.	Level	Type of model			Generative models	Applied system					
			4	2D	3D	BIM		<50%	>50%				
Design	3D Coordination	A process in which 3D coordination software is used to identify 3D geometric conflicts by comparing 3D models of building systems.	Level	Type of model			Type analysis		Applied system				
			1	2D	3D	BIM	Manual	Auto	<50%	>50%			

Anexo 2. Registro de las respuestas en la plantilla de la herramienta BUA de la empresa JR

EMPRESA "JR"												
Plan	Cost Estimation	A BIM model is used to generate accurate quantity take-offs and cost estimates.	Level	Source of quantities				Type of model			Applied Systems	
			1	Manual	Just view	Report	Integration	2D	3D	BIM	<50%	>50%
	Phase Planning	A 4D BIM model is utilized to effectively plan, especially spatial planning, including spatial clashes and paths.	Level	4D model	Type of use			Link type				
			2	4D	Communic.	Manual	Auto	Manual	Auto			
	Site Analysis	BIM/GIS is used to select and evaluate a site location and to select a building position on the site.	Level	Type of model		Type analysis						
			4	BIM	GIS	Location by visualization	Site options	Location by analysis				
	Space Programming	A BIM model is used to design and analyse the project's spaces and rooms and to assign to each space a use and its measurements.	Level	Type of model			Distribution analysis					
			3	2D	3D	BIM	Manual	Consults	Report	Auto		
	Design Review	A process in which stakeholders interact with a BIM model and provide their feedback to validate multiple design aspects.	Level	Type of model			Immersive lab		List of requirements			
			2	2D	3D	BIM	No	Yes	Informal	Formal		
Code Validation	A process in which code validation software is utilized to check the model parameters against project-specific design or construction codes or norms.	Level	Type of software			Type of model			Applied system		Level of mock-up	
		1	Manual	Consults	Auto	2D	3D	BIM	<50%	>50%	Geometry	Parametric
Sustainable analysis	A process in which the sustainability of a facility is evaluated and tracked using a sustainability metric system	Level	Type of model			Type of software			Applied system			
		1	2D	3D	BIM	Manual	Consults	Auto	<50%	>50%		
Engineering analysis	A BIM model and specialized software are used to conduct an engineering analysis to identify the most efficient method or design.	Level	Type of model			Compatible software		Applied system		Documentation		
		1	2D	3D	BIM			<50%	>50%	2D	3D	
Design Authoring	A process in which 3D software is used to develop a Building Information Model. A project is designed in a BIM model, where the typical iterations of a project are made, and everything is built directly in the BIM software.	Level	Type of model			Generative models		Applied system				
		2	2D	3D	BIM			<50%	>50%			
3D Coordination	A process in which 3D coordination software is used to identify 3D geometric conflicts by comparing 3D models of building systems.	Level	Type of model			Type analysis		Applied system				
		2	2D	3D	BIM	Manual	Auto	<50%	>50%			
AVERAGE			2									

Anexo 3. Registro de las respuestas en la plantilla de la herramienta BUA de la empresa YL

EMPRESA "YL"												
Plan	Cost Estimation	A BIM model is used to generate accurate quantity take-offs and cost estimates.	Level	Source of quantities				Type of model			Applied Systems	
			5	Manual	Just view	Report	Integration	2D	3D	BIM	<50%	>50%
	Phase Planning	A 4D BIM model is utilized to effectively plan, especially spatial planning, including spatial clashes and paths.	Level	4D model	Type of use			Link type				
			5	4D	Communic.	Manual	Auto	Manual	Auto			
	Site Analysis	BIM/GIS is used to select and evaluate a site location and to select a building position on the site.	Level	Type of model		Type analysis						
			4	BIM	GIS	Location by visualization	Site options	Location by analysis				
	Space Programming	A BIM model is used to design and analyse the project's spaces and rooms and to assign to each space a use and its measurements.	Level	Type of model			Distribution analysis					
			5	2D	3D	BIM	Manual	Consults	Report	Auto		
	Design Review	A process in which stakeholders interact with a BIM model and provide their feedback to validate multiple design aspects.	Level	Type of model			Immersive lab		List of requirements			
			5	2D	3D	BIM	No	Yes	Informal	Formal		
Code Validation	A process in which code validation software is utilized to check the model parameters against project-specific design or construction codes or norms.	Level	Type of software			Type of model			Applied system		Level of mock-up	
		2	Manual	Consults	Auto	2D	3D	BIM	<50%	>50%	Geometry	Parametric
Sustainable analysis	A process in which the sustainability of a facility is evaluated and tracked using a sustainability metric system	Level	Type of model			Type of software			Applied system			
		2	2D	3D	BIM	Manual	Consults	Auto	<50%	>50%		
Engineering analysis	A BIM model and specialized software are used to conduct an engineering analysis to identify the most efficient method or design.	Level	Type of model			Compatible software	Applied system		Documentation			
		3	2D	3D	BIM		<50%	>50%	2D	3D		
Design Authoring	A process in which 3D software is used to develop a Building Information Model. A project is designed in a BIM model, where the typical iterations of a project are made, and everything is built directly in the BIM software.	Level	Type of model			Generative models	Applied system					
		5	2D	3D	BIM		<50%	>50%				
3D Coordination	A process in which 3D coordination software is used to identify 3D geometric conflicts by comparing 3D models of building systems.	Level	Type of model			Type analysis		Applied system				
		5	2D	3D	BIM	Manual	Auto	<50%	>50%			
AVERAGE			4									

Anexo 4. Registro de las respuestas en la plantilla de la herramienta BUA de la empresa GN

EMPRESA "GN"													
Plan	<b>Cost Estimation</b>	A BIM model is used to generate accurate quantity take-offs and cost estimates.	<b>Level</b>	<b>Source of quantities</b>				<b>Type of model</b>			<b>Applied Systems</b>		
			4	Manual	Just view	Report	Integration	2D	3D	BIM	<50%	>50%	
	<b>Phase Planning</b>	A 4D BIM model is utilized to effectively plan, especially spatial planning, including spatial clashes and paths.	<b>Level</b>	<b>4D model</b>		<b>Type of use</b>		<b>Link type</b>					
			2	4D	Communic.	Manual	Auto	Manual	Auto				
	<b>Site Analysis</b>	BIM/GIS is used to select and evaluate a site location and to select a building position on the site.	<b>Level</b>	<b>Type of model</b>		<b>Type analysis</b>							
			4	BIM	GIS	Location by visualization	Site options	Location by analysis					
	<b>Space Programming</b>	A BIM model is used to design and analyse the project's spaces and rooms and to assign to each space a use and its measurements.	<b>Level</b>	<b>Type of model</b>			<b>Distribution analysis</b>						
			5	2D	3D	BIM	Manual	Consults	Report	Auto			
Design	<b>Design Review</b>	A process in which stakeholders interact with a BIM model and provide their feedback to validate multiple design aspects.	<b>Level</b>	<b>Type of model</b>			<b>Immersive lab</b>		<b>List of requirements</b>				
			4	2D	3D	BIM	No	Yes	Informal	Formal			
	<b>Code Validation</b>	A process in which code validation software is utilized to check the model parameters against project-specific design or construction codes or norms.	<b>Level</b>	<b>Type of software</b>			<b>Type of model</b>			<b>Applied system</b>		<b>Level of mock-up</b>	
			1	Manual	Consults	Auto	2D	3D	BIM	<50%	>50%	Geometry	Parametric
	<b>Sustainable analysis</b>	A process in which the sustainability of a facility is evaluated and tracked using a sustainability metric system	<b>Level</b>	<b>Type of model</b>			<b>Type of software</b>			<b>Applied system</b>			
			2	2D	3D	BIM	Manual	Consults	Auto	<50%	>50%		
	<b>Engineering analysis</b>	A BIM model and specialized software are used to conduct an engineering analysis to identify the most efficient method or design.	<b>Level</b>	<b>Type of model</b>			<b>Compatible software</b>	<b>Applied system</b>		<b>Documentation</b>			
			4	2D	3D	BIM		<50%	>50%	2D	3D		
	<b>Design Authoring</b>	A process in which 3D software is used to develop a Building Information Model. A project is designed in a BIM model, where the typical iterations of a project are made, and everything is built directly in the BIM software.	<b>Level</b>	<b>Type of model</b>			<b>Generative models</b>	<b>Applied system</b>					
			3	2D	3D	BIM		<50%	>50%				
	<b>3D Coordination</b>	A process in which 3D coordination software is used to identify 3D geometric conflicts by comparing 3D models of building systems.	<b>Level</b>	<b>Type of model</b>			<b>Type analysis</b>		<b>Applied system</b>				
			2	2D	3D	BIM	Manual	Auto	<50%	>50%			
<b>AVERAGE</b>			3										

Anexo 5. Registro de las respuestas en la plantilla de la herramienta BUA de la empresa DO

EMPRESA "DO"													
Plan	Cost Estimation	A BIM model is used to generate accurate quantity take-offs and cost estimates.	Level	Source of quantities				Type of model			Applied Systems		
			5	Manual	Just view	Report	Integration	2D	3D	BIM	<50%	>50%	
	Phase Planning	A 4D BIM model is utilized to effectively plan, especially spatial planning, including spatial clashes and paths.	Level	4D model	Type of use			Link type					
			5	4D	Communic.	Manual	Auto	Manual	Auto				
	Site Analysis	BIM/GIS is used to select and evaluate a site location and to select a building position on the site.	Level	Type of model		Type analysis							
			4	BIM	GIS	Location by visualization	Site options	Location by analysis					
	Space Programming	A BIM model is used to design and analyse the project's spaces and rooms and to assign to each space a use and its measurements.	Level	Type of model			Distribution analysis						
			4	2D	3D	BIM	Manual	Consults	Report	Auto			
	Design Review	A process in which stakeholders interact with a BIM model and provide their feedback to validate multiple design aspects.	Level	Type of model			Immersive lab		List of requirements				
			5	2D	3D	BIM	No	Yes	Informal	Formal			
Code Validation	A process in which code validation software is utilized to check the model parameters against project-specific design or construction codes or norms.	Level	Type of software			Type of model			Applied system		Level of mock-up		
		2	Manual	Consults	Auto	2D	3D	BIM	<50%	>50%	Geometry	Parametric	
Sustainable analysis	A process in which the sustainability of a facility is evaluated and tracked using a sustainability metric system	Level	Type of model			Type of software			Applied system				
		4	2D	3D	BIM	Manual	Consults	Auto	<50%	>50%			
Engineering analysis	A BIM model and specialized software are used to conduct an engineering analysis to identify the most efficient method or design.	Level	Type of model			Compatible software	Applied system		Documentation				
		4	2D	3D	BIM		<50%	>50%	2D	3D			
Design Authoring	A process in which 3D software is used to develop a Building Information Model. A project is designed in a BIM model, where the typical iterations of a project are made, and everything is built directly in the BIM software.	Level	Type of model			Generative models	Applied system						
		2	2D	3D	BIM		<50%	>50%					
3D Coordination	A process in which 3D coordination software is used to identify 3D geometric conflicts by comparing 3D models of building systems.	Level	Type of model			Type analysis		Applied system					
		2	2D	3D	BIM	Manual	Auto	<50%	>50%				
AVERAGE			4										

Anexo 6. Registro de las respuestas en la plantilla de la herramienta BUA de la empresa OG

EMPRESA "OG"													
Plan	<b>Cost Estimation</b>	A BIM model is used to generate accurate quantity take-offs and cost estimates.	<b>Level</b>	<b>Source of quantities</b>				<b>Type of model</b>			<b>Applied Systems</b>		
			5	Manual	Just view	Report	Integration	2D	3D	BIM	<50%	>50%	
	<b>Phase Planning</b>	A 4D BIM model is utilized to effectively plan, especially spatial planning, including spatial clashes and paths.	<b>Level</b>	<b>4D model</b>		<b>Type of use</b>		<b>Link type</b>					
			5	4D	Communic.	Manual	Auto	Manual	Auto				
	<b>Site Analysis</b>	BIM/GIS is used to select and evaluate a site location and to select a building position on the site.	<b>Level</b>	<b>Type of model</b>		<b>Type analysis</b>							
			4	BIM	GIS	Location by visualization	Site options	Location by analysis					
	<b>Space Programming</b>	A BIM model is used to design and analyse the project's spaces and rooms and to assign to each space a use and its measurements.	<b>Level</b>	<b>Type of model</b>			<b>Distribution analysis</b>						
		5	2D	3D	BIM	Manual	Consults	Report	Auto				
Design	<b>Design Review</b>	A process in which stakeholders interact with a BIM model and provide their feedback to validate multiple design aspects.	<b>Level</b>	<b>Type of model</b>			<b>Immersive lab</b>		<b>List of requirements</b>				
			4	2D	3D	BIM	No	Yes	Informal	Formal			
	<b>Code Validation</b>	A process in which code validation software is utilized to check the model parameters against project-specific design or construction codes or norms.	<b>Level</b>	<b>Type of software</b>			<b>Type of model</b>			<b>Applied system</b>		<b>Level of mock-up</b>	
			2	Manual	Consults	Auto	2D	3D	BIM	<50%	>50%	Geometry	Parametric
	<b>Sustainable analysis</b>	A process in which the sustainability of a facility is evaluated and tracked using a sustainability metric system	<b>Level</b>	<b>Type of model</b>			<b>Type of software</b>			<b>Applied system</b>			
			5	2D	3D	BIM	Manual	Consults	Auto	<50%	>50%		
	<b>Engineering analysis</b>	A BIM model and specialized software are used to conduct an engineering analysis to identify the most efficient method or design.	<b>Level</b>	<b>Type of model</b>			<b>Compatible software</b>	<b>Applied system</b>		<b>Documentation</b>			
		5	2D	3D	BIM		<50%	>50%	2D	3D			
Design	<b>Design Authoring</b>	A process in which 3D software is used to develop a Building Information Model. A project is designed in a BIM model, where the typical iterations of a project are made, and everything is built directly in the BIM software.	<b>Level</b>	<b>Type of model</b>			<b>Generative models</b>	<b>Applied system</b>					
			2	2D	3D	BIM		<50%	>50%				
	<b>3D Coordination</b>	A process in which 3D coordination software is used to identify 3D geometric conflicts by comparing 3D models of building systems.	<b>Level</b>	<b>Type of model</b>			<b>Type analysis</b>			<b>Applied system</b>			
		5	2D	3D	BIM	Manual	Auto	<50%	>50%				
<b>AVERAGE</b>			4										

Anexo 7. Registro de las respuestas en la plantilla de la herramienta BUA de la empresa CN

EMPRESA "CN"												
Plan	Cost Estimation	A BIM model is used to generate accurate quantity take-offs and cost estimates.	Level	Source of quantities				Type of model			Applied Systems	
			3	Manual	Just view	Report	Integration	2D	3D	BIM	<50%	>50%
	Phase Planning	A 4D BIM model is utilized to effectively plan, especially spatial planning, including spatial clashes and paths.	Level	4D model	Type of use			Link type				
			3	4D	Communic.	Manual	Auto	Manual	Auto			
Site Analysis	BIM/GIS is used to select and evaluate a site location and to select a building position on the site.	Level	Type of model		Type analysis							
		4	BIM	GIS	Location by visualization	Site options	Location by analysis					
Space Programming	A BIM model is used to design and analyse the project's spaces and rooms and to assign to each space a use and its measurements.	Level	Type of model				Distribution analysis					
		4	2D	3D	BIM	Manual	Consults	Report	Auto			
Design Review	A process in which stakeholders interact with a BIM model and provide their feedback to validate multiple design aspects.	Level	Type of model			Immersive lab		List of requirements				
		4	2D	3D	BIM	No	Yes	Informal	Formal			
Code Validation	A process in which code validation software is utilized to check the model parameters against project-specific design or construction codes or norms.	Level	Type of software			Type of model			Applied system		Level of mock-up	
		2	Manual	Consults	Auto	2D	3D	BIM	<50%	>50%	Geometry	Parametric
Sustainable analysis	A process in which the sustainability of a facility is evaluated and tracked using a sustainability metric system	Level	Type of model			Type of software			Applied system			
		5	2D	3D	BIM	Manual	Consults	Auto	<50%	>50%		
Engineering analysis	A BIM model and specialized software are used to conduct an engineering analysis to identify the most efficient method or design.	Level	Type of model			Compatible software	Applied system		Documentation			
		5	2D	3D	BIM		<50%	>50%	2D	3D		
Design Authoring	A process in which 3D software is used to develop a Building Information Model. A project is designed in a BIM model, where the typical iterations of a project are made, and everything is built directly in the BIM software.	Level	Type of model			Generative models	Applied system					
		3	2D	3D	BIM		<50%	>50%				
3D Coordination	A process in which 3D coordination software is used to identify 3D geometric conflicts by comparing 3D models of building systems.	Level	Type of model			Type analysis		Applied system				
		5	2D	3D	BIM	Manual	Auto	<50%	>50%			

Anexo 8. Registro de las respuestas en la plantilla de la herramienta BUA de la empresa KS

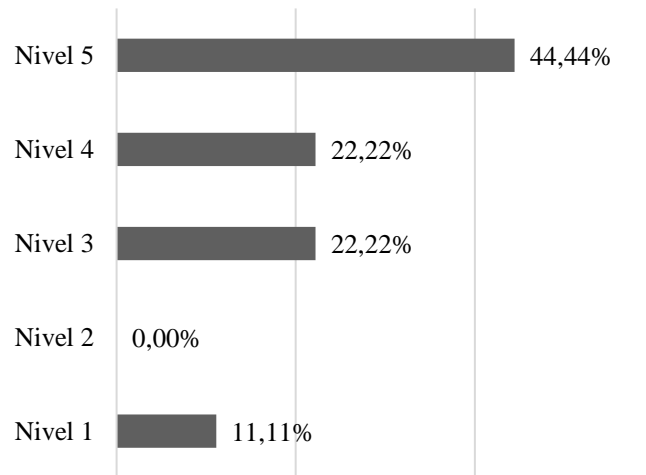
EMPRESA "KS"												
Plan	Cost Estimation	A BIM model is used to generate accurate quantity take-offs and cost estimates.	Level	Source of quantities				Type of model			Applied Systems	
			5	Manual	Just view	Report	Integration	2D	3D	BIM	<50%	>50%
	Phase Planning	A 4D BIM model is utilized to effectively plan, especially spatial planning, including spatial clashes and paths.	Level	4D model	Type of use			Link type				
			1	4D	Communic.	Manual	Auto	Manual	Auto			
	Site Analysis	BIM/GIS is used to select and evaluate a site location and to select a building position on the site.	Level	Type of model		Type analysis						
			4	BIM	GIS	Location by visualization	Site options	Location by analysis				
	Space Programming	A BIM model is used to design and analyse the project's spaces and rooms and to assign to each space a use and its measurements.	Level	Type of model			Distribution analysis					
			4	2D	3D	BIM	Manual	Consults	Report	Auto		
	Design Review	A process in which stakeholders interact with a BIM model and provide their feedback to validate multiple design aspects.	Level	Type of model			Immersive lab		List of requirements			
			4	2D	3D	BIM	No	Yes	Informal	Formal		
Code Validation	A process in which code validation software is utilized to check the model parameters against project-specific design or construction codes or norms.	Level	Type of software			Type of model			Applied system		Level of mock-up	
		1	Manual	Consults	Auto	2D	3D	BIM	<50%	>50%	Geometry	Parametric
Sustainable analysis	A process in which the sustainability of a facility is evaluated and tracked using a sustainability metric system	Level	Type of model			Type of software			Applied system			
		5	2D	3D	BIM	Manual	Consults	Auto	<50%	>50%		
Engineering analysis	A BIM model and specialized software are used to conduct an engineering analysis to identify the most efficient method or design.	Level	Type of model			Compatible software	Applied system		Documentation			
		5	2D	3D	BIM		<50%	>50%	2D	3D		
Design Authoring	A process in which 3D software is used to develop a Building Information Model. A project is designed in a BIM model, where the typical iterations of a project are made, and everything is built directly in the BIM software.	Level	Type of model			Generative models	Applied system					
		3	2D	3D	BIM		<50%	>50%				
3D Coordination	A process in which 3D coordination software is used to identify 3D geometric conflicts by comparing 3D models of building systems.	Level	Type of model			Type analysis		Applied system				
		5	2D	3D	BIM	Manual	Auto	<50%	>50%			
AVERAGE			4									



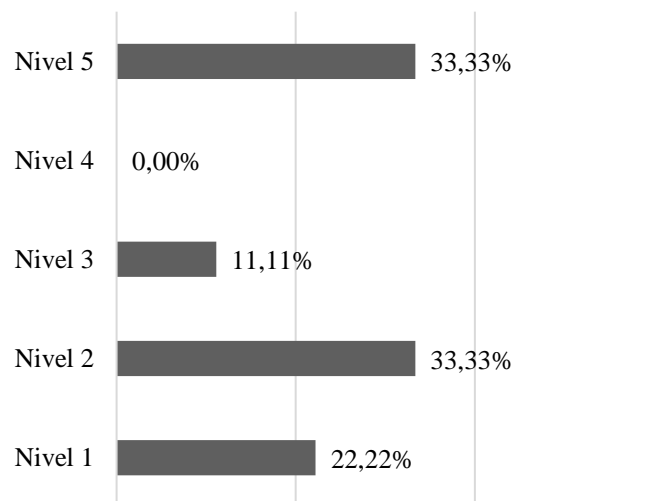
Anexo 9. Registro de las respuestas en la plantilla de la herramienta BUA de la empresa XG

EMPRESA "XG"													
Plan	Cost Estimation	A BIM model is used to generate accurate quantity take-offs and cost estimates.	Level	Source of quantities				Type of model			Applied Systems		
			4	Manual	Just view	Report	Integration	2D	3D	BIM	<50%	>50%	
	Phase Planning	A 4D BIM model is utilized to effectively plan, especially spatial planning, including spatial clashes and paths.	Level	4D model		Type of use		Link type					
			2	4D	Communic.	Manual	Auto	Manual	Auto				
	Site Analysis	BIM/GIS is used to select and evaluate a site location and to select a building position on the site.	Level	Type of model		Type analysis							
			4	BIM	GIS	Location by visualization	Site options	Location by analysis	Yes				
Design	Space Programming	A BIM model is used to design and analyse the project's spaces and rooms and to assign to each space a use and its measurements.	Level	Type of model			Distribution analysis						
			4	2D	3D	BIM	Manual	Consults	Report	Auto			
	Design Review	A process in which stakeholders interact with a BIM model and provide their feedback to validate multiple design aspects.	Level	Type of model			Immersive lab		List of requirements				
			5	2D	3D	BIM	No	Yes	Informal	Formal			
	Code Validation	A process in which code validation software is utilized to check the model parameters against project-specific design or construction codes or norms.	Level	Type of software			Type of model			Applied system		Level of mock-up	
			5	Manual	Consults	Auto	2D	3D	BIM	<50%	>50%	Geometry	Parametric
Design	Sustainable analysis	A process in which the sustainability of a facility is evaluated and tracked using a sustainability metric system	Level	Type of model			Type of software			Applied system			
			5	2D	3D	BIM	Manual	Consults	Auto	<50%	>50%		
	Engineering analysis	A BIM model and specialized software are used to conduct an engineering analysis to identify the most efficient method or design.	Level	Type of model			Compatible software	Applied system		Documentation			
			4	2D	3D	BIM		<50%	>50%	2D	3D		
	Design Authoring	A process in which 3D software is used to develop a Building Information Model. A project is designed in a BIM model, where the typical iterations of a project are made, and everything is built directly in the BIM software.	Level	Type of model			Generative models	Applied system					
			5	2D	3D	BIM		<50%	>50%				
Design	3D Coordination	A process in which 3D coordination software is used to identify 3D geometric conflicts by comparing 3D models of building systems.	Level	Type of model			Type analysis		Applied system				
			5	2D	3D	BIM	Manual	Auto	<50%	>50%			
AVERAGE			4										

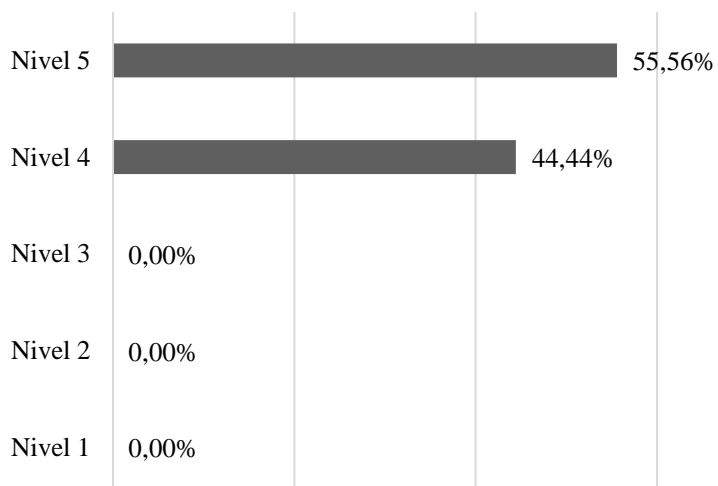
Anexo 10. Gráfico de barras sobre el porcentaje del uso “Estimación de costos”



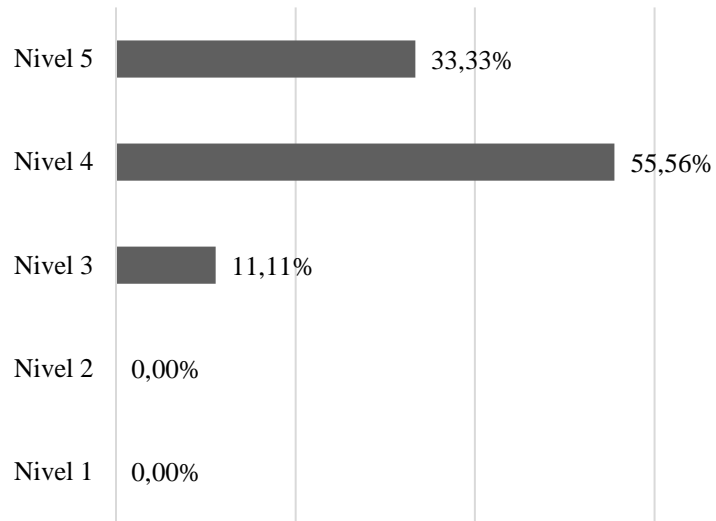
Anexo 11. Gráfico de barras sobre el porcentaje del uso “Planificación de fases”



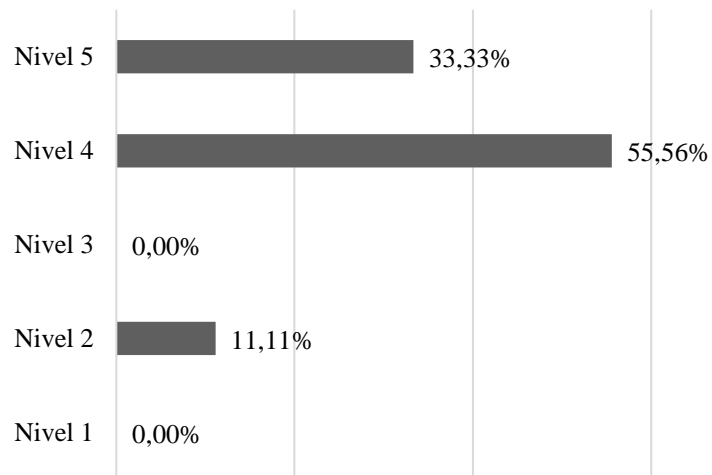
Anexo 12. Gráfico de barras sobre el porcentaje del uso “Análisis de sitio”



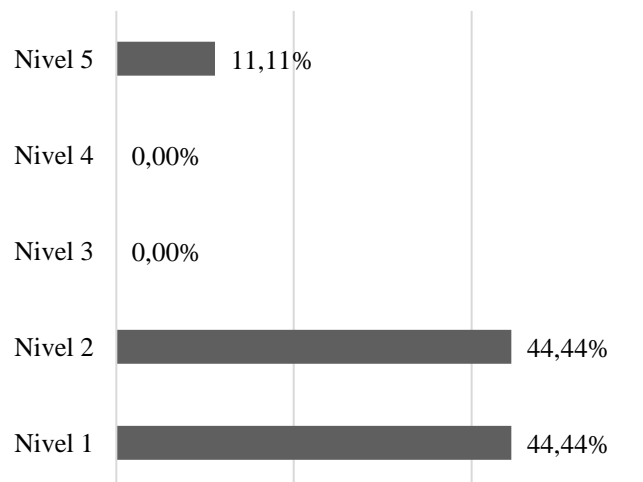
Anexo 13. Gráfico de barras sobre el porcentaje del uso “Programación espacial”



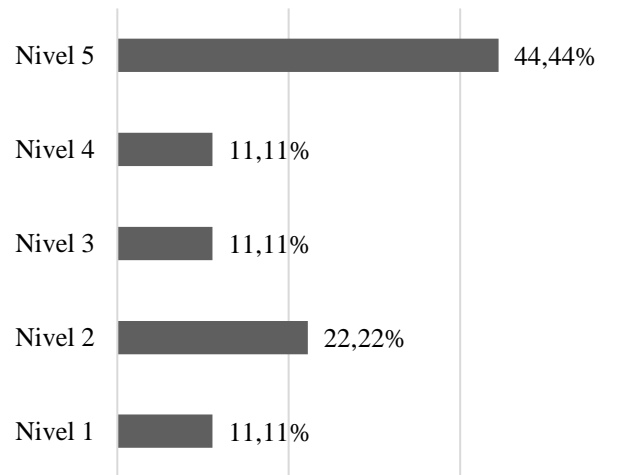
Anexo 14. Gráfico de barras sobre el porcentaje del uso “Revisión de diseño”



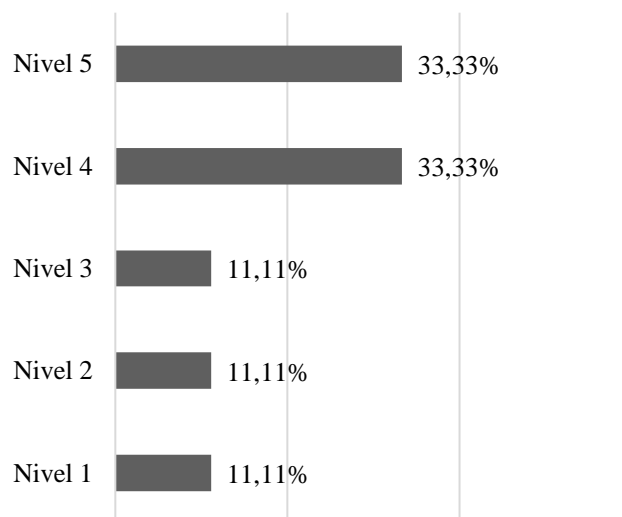
Anexo 15. Gráfico de barras sobre el porcentaje del uso “Validación de normativa o código de construcción”



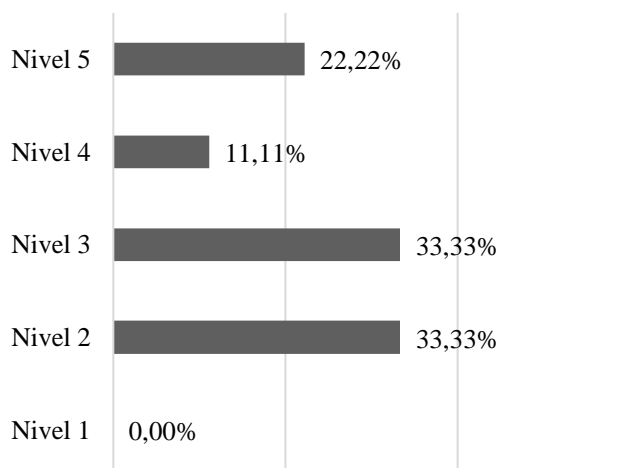
Anexo 16. Gráfico de barras sobre el porcentaje del uso “Análisis de sostenibilidad”



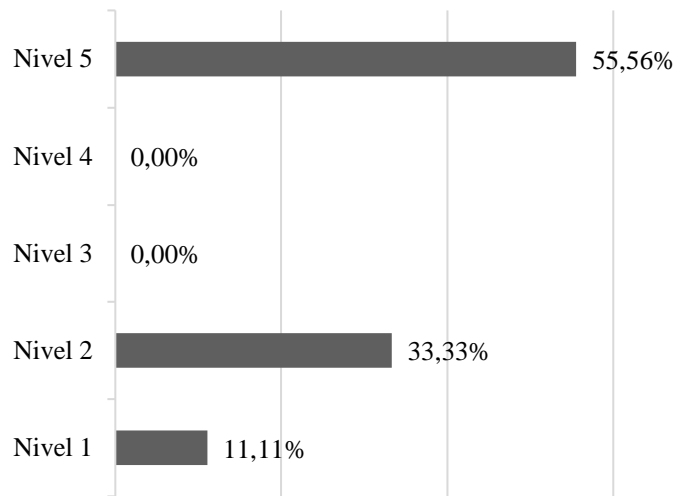
Anexo 17. Gráfico de barras sobre el porcentaje del uso “Análisis de ingeniería”



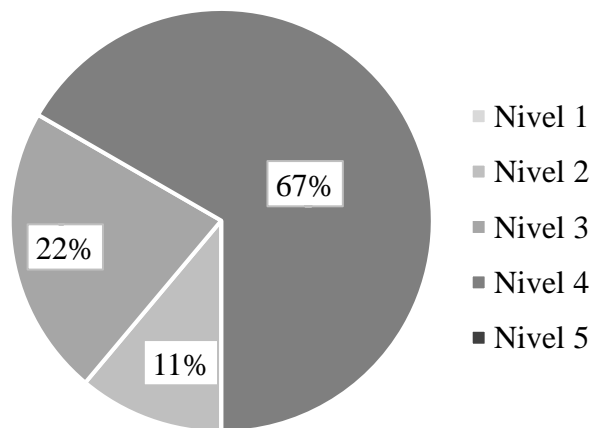
Anexo 18. Gráfico de barras sobre el porcentaje del uso “Desarrollo del diseño BIM”



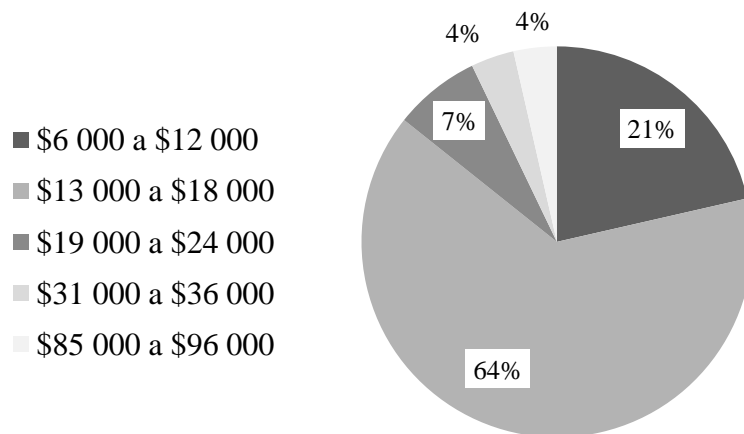
Anexo 19. Gráfico de barras sobre el porcentaje del uso “Coordinación 3D”



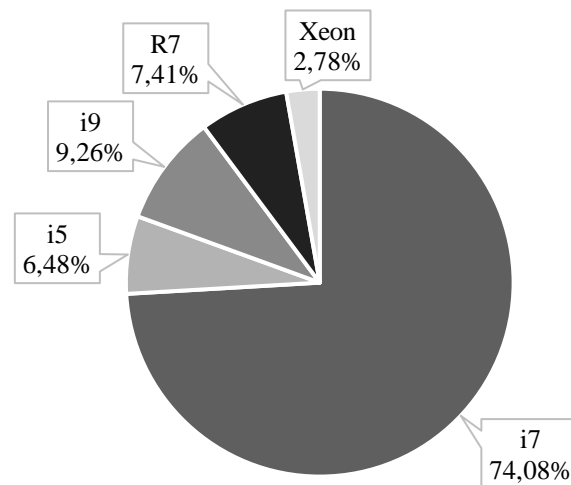
Anexo 20. Porcentajes de empresas en el Ecuador según su nivel de uso BIM



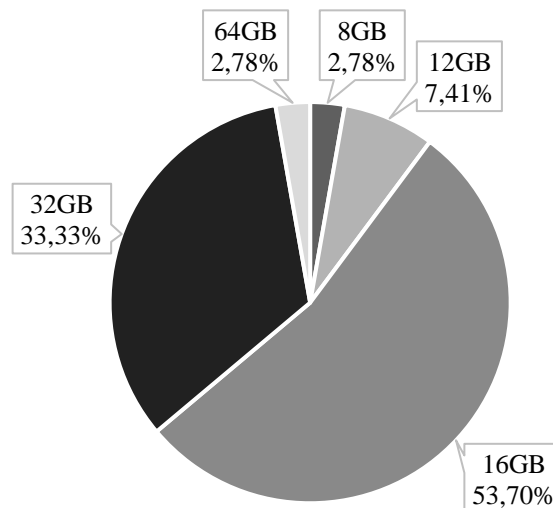
Anexo 21. Capacidad del personal (Salarios): Frecuencia relativa de la presencia de los rangos salariales al implementar BIM en empresas del Ecuador



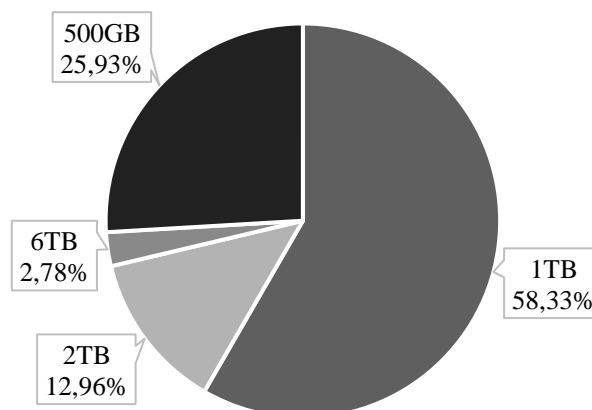
Anexo 22. Capacidad tecnológica (HRDW): Frecuencia relativa de la intensidad del tipo del procesador en los equipos tecnológicos en todas las empresas



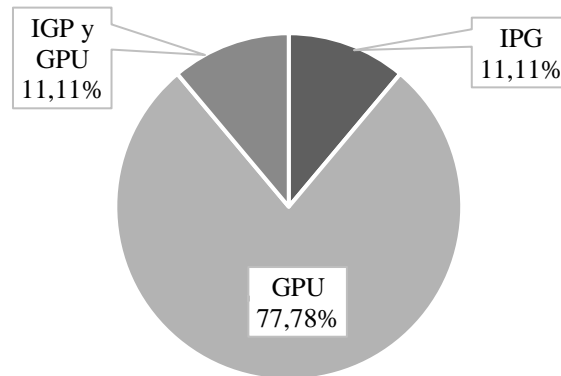
Anexo 23. Capacidad tecnológica (HRDW): Frecuencia relativa de la intensidad de la cantidad de RAM en los equipos tecnológicos en todas las empresas



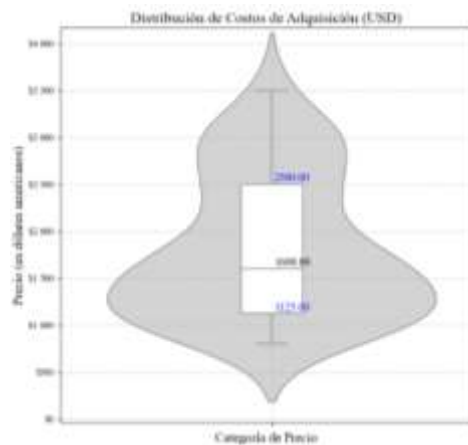
Anexo 24. Capacidad tecnológica (HRDW): Frecuencia relativa de la intensidad de la cantidad de almacenamiento en los equipos tecnológicos en todas las empresas



Anexo 25. Capacidad tecnológica (HRDW): Frecuencia relativa de la intensidad de la presencia de tarjetas de video dedicadas (GPU) o integradas (IGP) en los equipos tecnológicos en todas las empresas



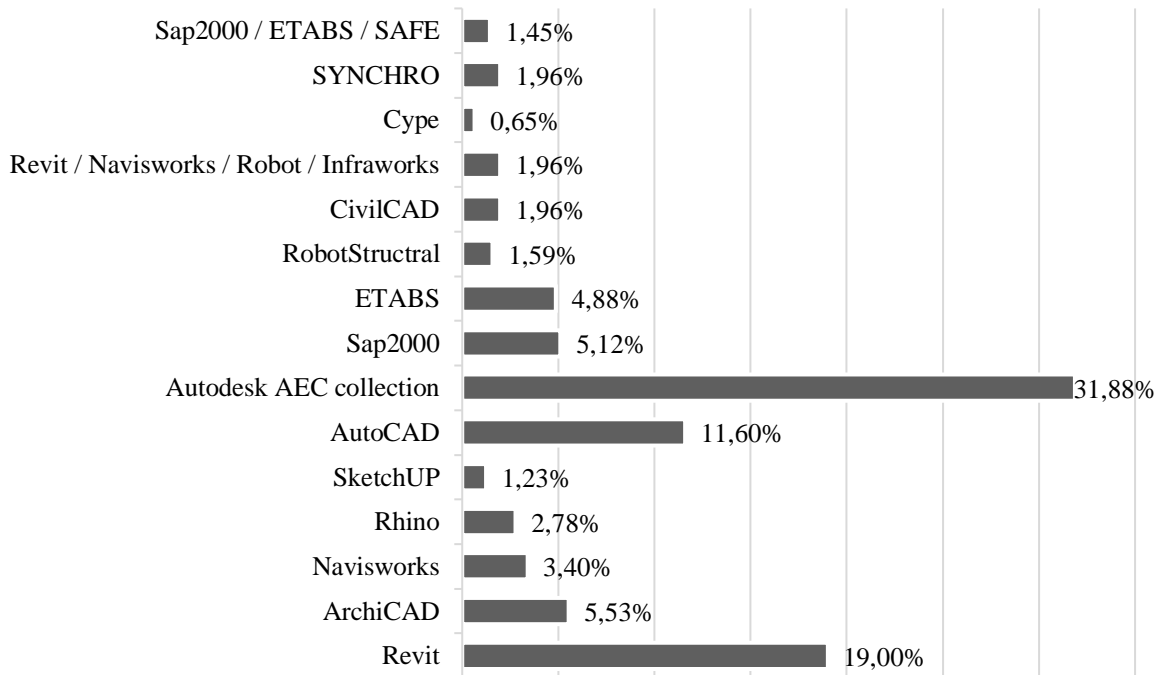
Anexo 26. Capacidad tecnológica (HRDW): Gráfico de violín y tabla de distribución de las densidades sobre de los costos de adquisición del equipo tecnológico en todas las empresas



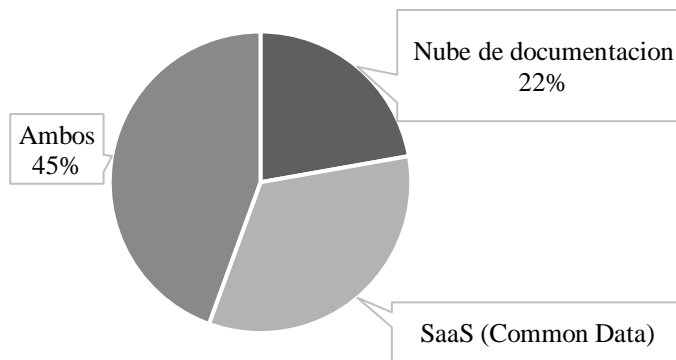
Densidades KDE (multiplicadas por 10,000)

Precio	Altura (x10,000)
\$300	0.28893
\$495	0.92781
\$689	2.19068
\$884	3.85807
\$1 079	5.21043
\$1 274	5.69465
\$1 468	5.39613
\$1 663	4.62579
\$1 858	3.64741
\$2 053	2.83200
\$2 247	2.46401
\$2 442	2.44822
\$2 637	2.53302
\$2 832	2.57954
\$3 026	2.39697
\$3 221	1.85904
\$3 416	1.18888
\$3 611	0.65818
\$3 805	0.31488
\$4 000	0.11949

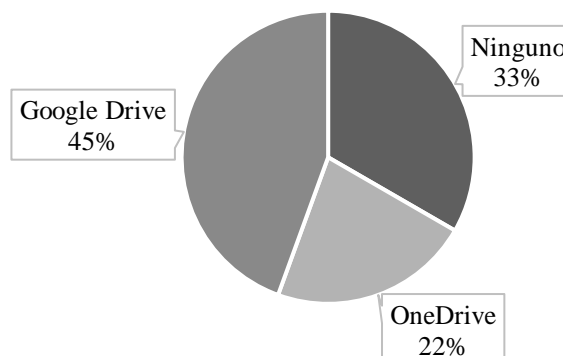
Anexo 27. Capacidad tecnológica (SFTW): Frecuencia relativa de la intensidad de las herramientas o plataformas BIM dedicadas al modelado de información en todas las empresas



Anexo 28. Capacidad tecnológica (CNCTV): Frecuencia relativa de la presencia de los entornos comunes de datos o servicios de almacenamiento en la nube en todas las empresas

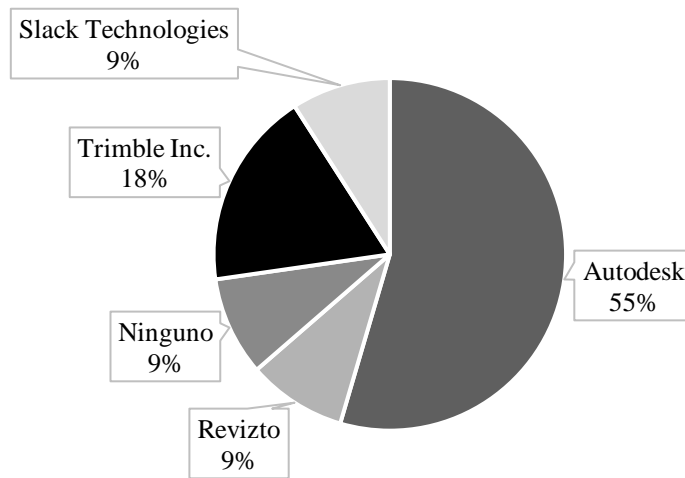


Anexo 29. Capacidad tecnológica (CNCTV): Frecuencia relativa de la presencia de los servicios de almacenamiento en la nube en todas las empresas

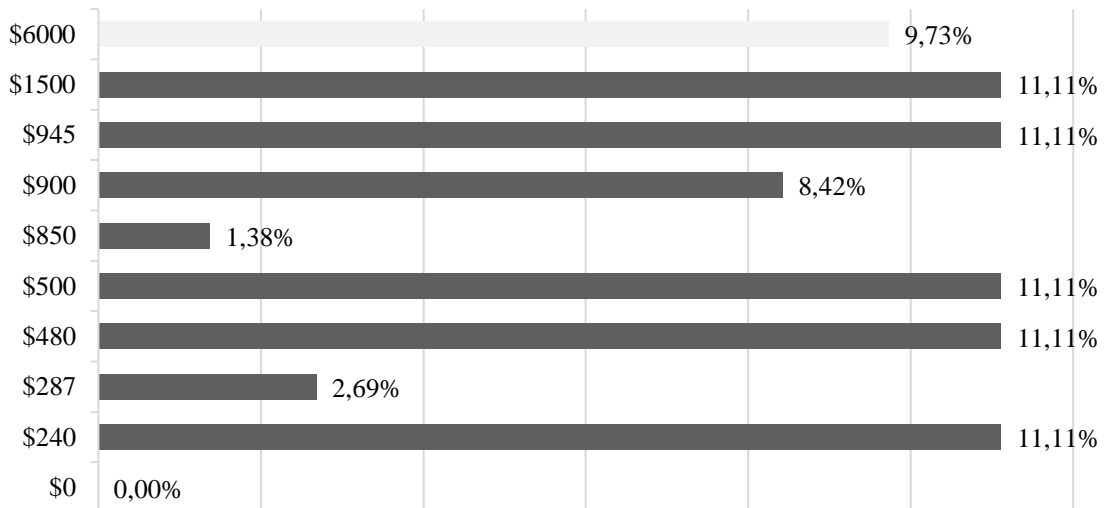




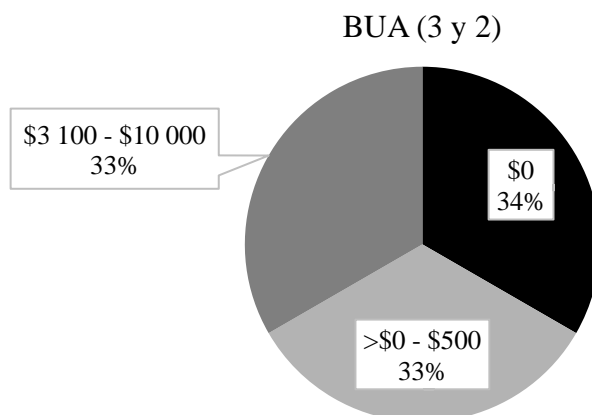
Anexo 30. Capacidad tecnológica (CNCTV): Frecuencia relativa de la presencia de los distribuidores de servicios de entornos comunes de datos y comunicación en todas las empresas

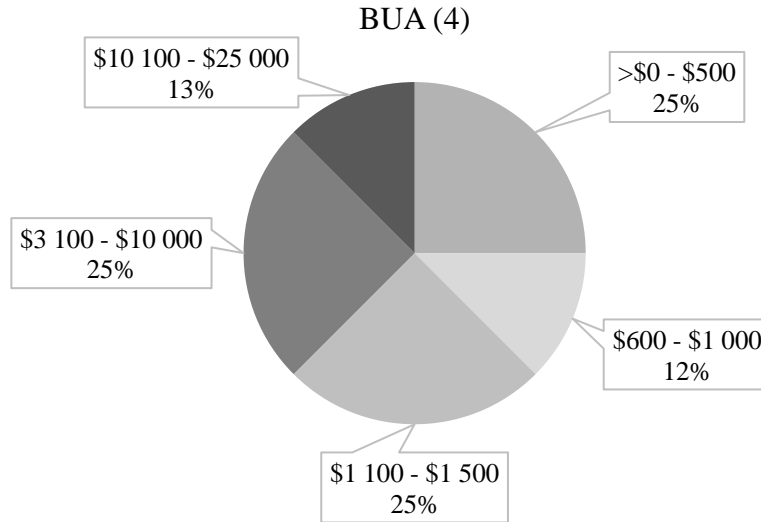


Anexo 31. Capacidad tecnológica (CNCTV): Frecuencia relativa de la intensidad de los costos asociados con los servicios para la conectividad en todas las empresas

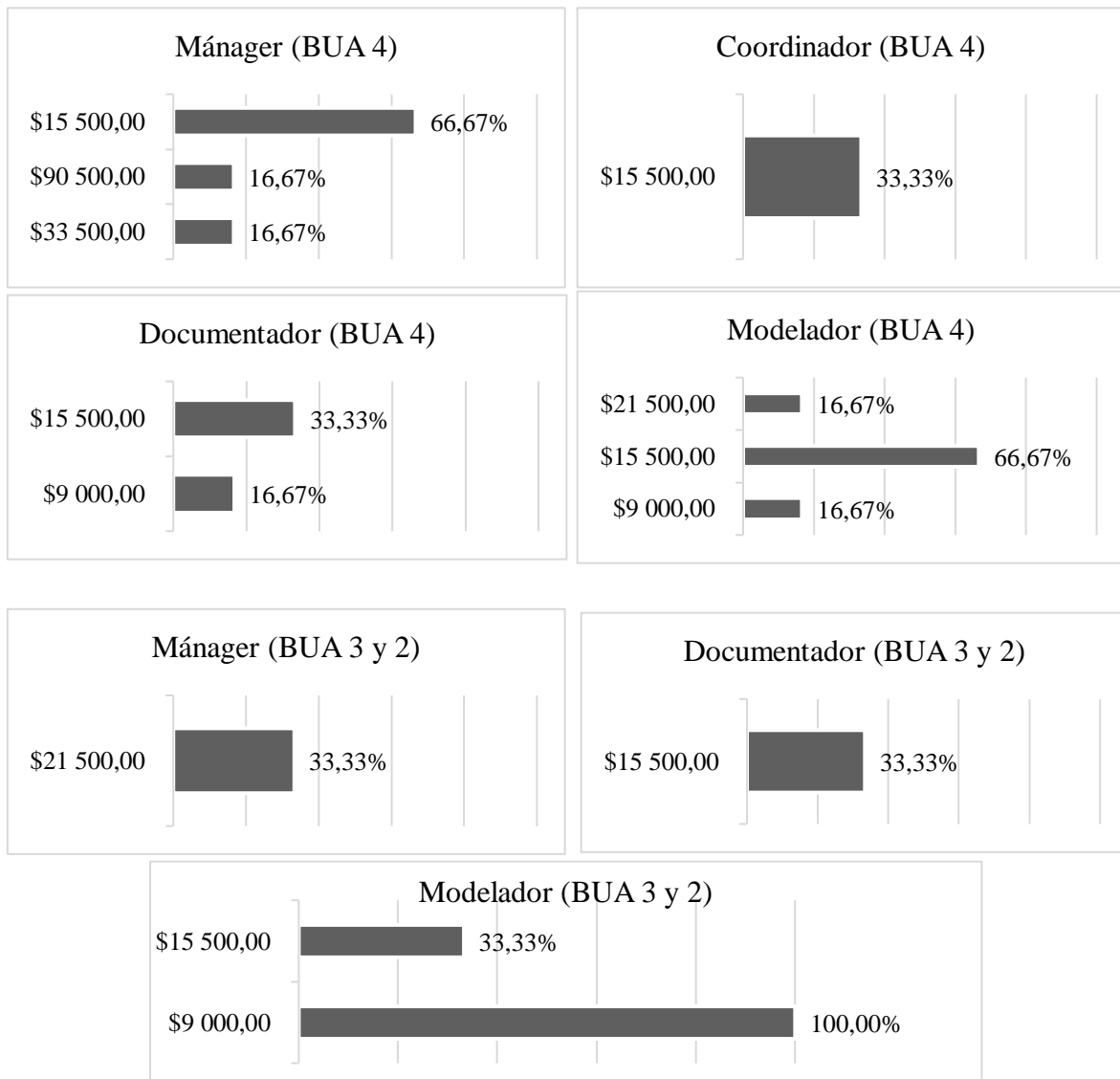


Anexo 32. Capacidad del personal (Capacitación) y nivel de uso BIM: Frecuencia relativa de la presencia de los costos anuales por profesional

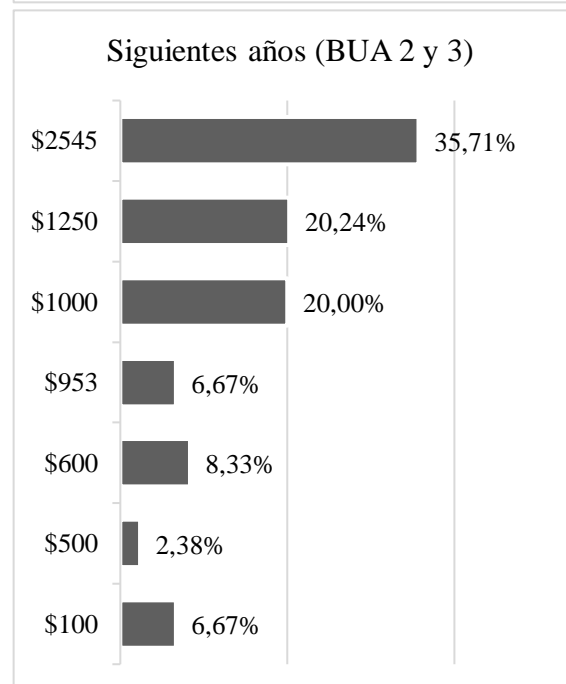
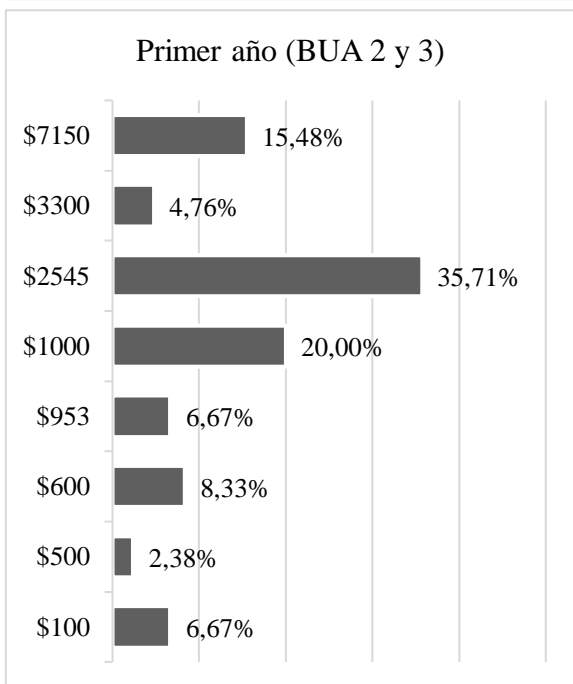
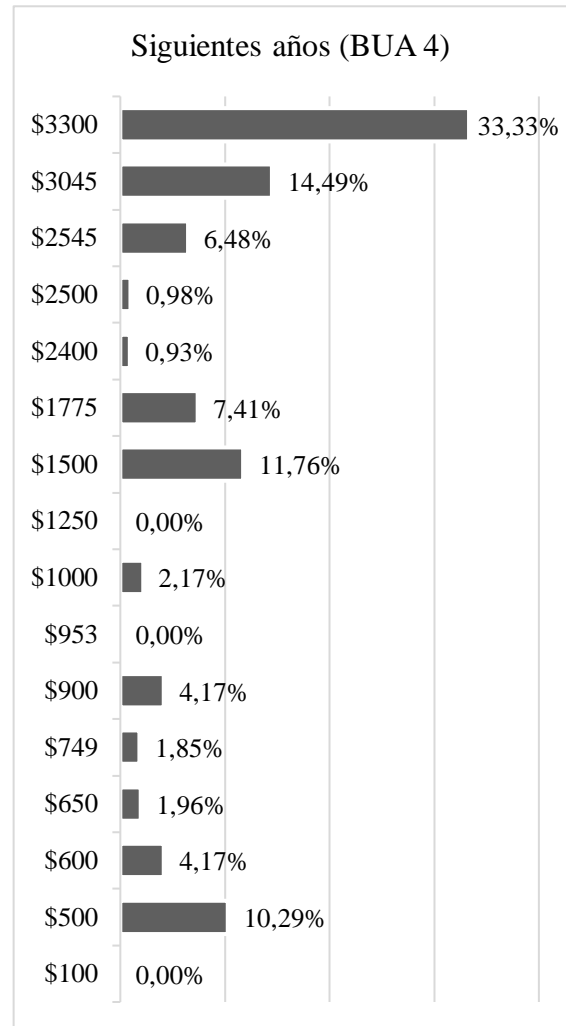
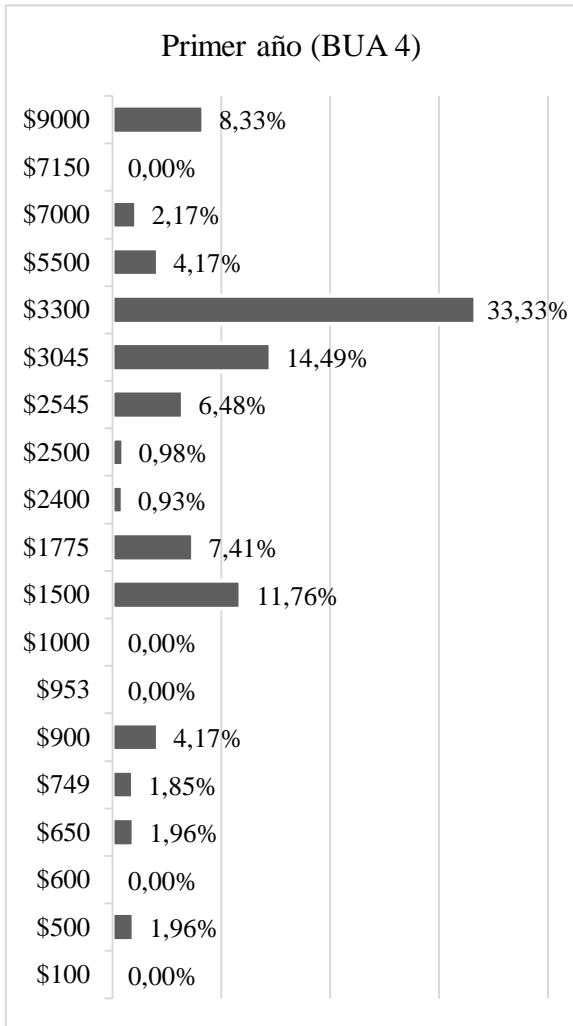




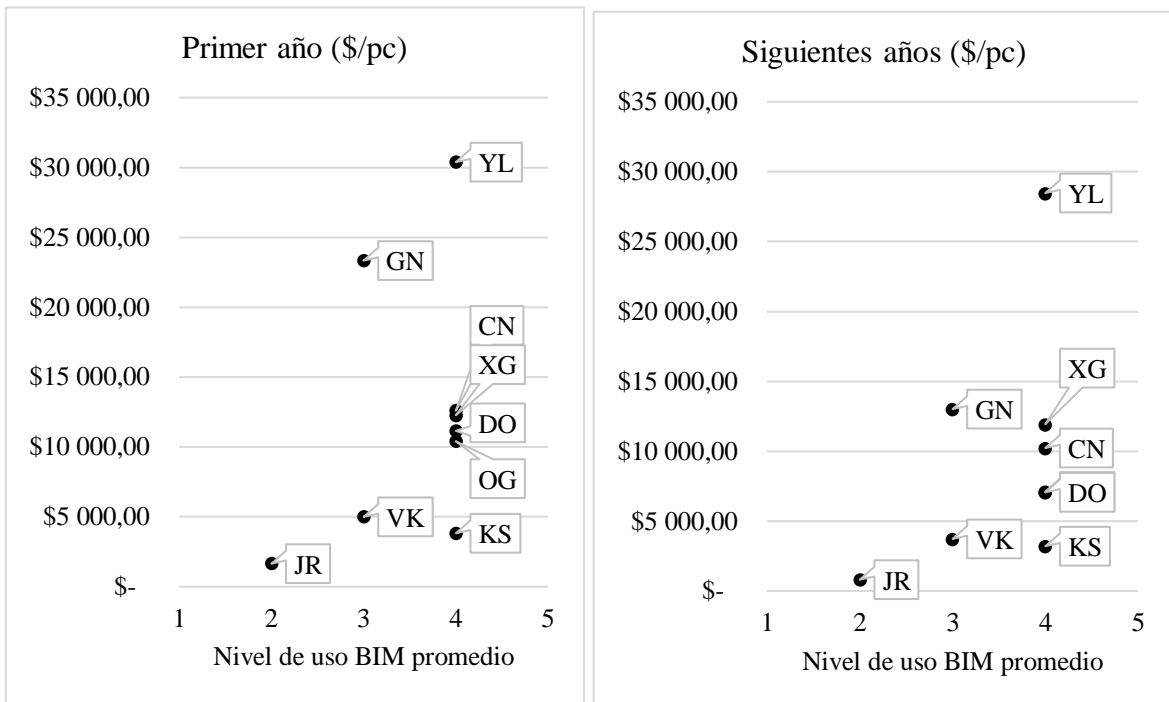
Anexo 33. Capacidad del personal (Salario) y nivel de uso BIM: Frecuencia relativa de la presencia de los salarios promedio anuales por profesional en base al rol BIM



Anexo 34. Capacidad tecnológica (SFTW) y nivel de uso BIM: Distribución de los costos con respecto al software al implementar BIM en empresas del Ecuador



Anexo 35. Costos unitarios y nivel de uso BIM: capacidad del personal (capacitación) y capacidad tecnológica



Anexo 36. Formato de encuesta en línea para identificar el nivel de uso BIM (exportado)

**BIM EN FASES DE PLANIFICACION Y DISEÑO**  
ENCUESTA: NIVEL DE USO BIM

## INDICACIONES GENERALES

- La presente encuesta se centra en recolectar información sobre características de la metodología BIM en etapas de planificación y desarrollo (diseño): nivel de uso BIM y costos anuales de una oficina BIM, en el Ecuador.
- La encuesta esta siendo aplicada a compañías, empresas y consorcios de la industria de la construcción que implementan BIM en sus proyectos a lo largo del país.
- La información obtenida en el presente cuestionario tiene como proposito la investigación academica y no persigue objetivos de lucro.

## CLAUSULA DE ANONIMATO

Los organizadores de la presente encuesta juran y garantizan la confidencialidad y anonimato de cada una de las entidades participantes encuestadas al igual que la identidad de los sujetos que participaron durante la encuesta.

## CONSENTIMIENTO DE INFORMACIÓN

Al contestar la presente encuesta usted es consciente de la acción de brindar su información y consiente el que se aplique la encuesta a la empresa en cuestión, avalando su vinculación con la misma.

Ingrese sus datos e información

Nombre de la empresa o compania

Provincia

**BIM: FASE PLANIFICACIÓN**

## ESTIMACIÓN DE COSTOS

En el ámbito de la estimación de costos, un modelo BIM despliega cálculos y valores detallados de cantidades de obra, permitiendo así una estimación de costos precisa.

**¿De qué forma su empresa obtienen los volúmenes de obra?**

- Manual**  
Las cantidades se calculan manualmente con planos.
- Solo Vista**  
Se consultan medidas o volúmenes, pero no se genera un informe completo.
- Reporte**  
Se genera un informe de cantidades del modelo, puede haber o no un software de gestión de datos para las cantidades.
- Integración**  
Software bidireccional especializado con código que permite una interacción entre el modelo BIM y los costos.

## ESTIMACIÓN DE COSTOS

**¿Cuál es el tipo de modelo que usa al estimar los costos?**

- 2D**  
Generalmente CAD
- 3D**  
Modelos solo de 3D
- BIM**  
Reportes integrados generados por modelación

## ESTIMACIÓN DE COSTOS

**Al estimar los costos ¿Cuántos de los involucrados en el proyecto utilizan metodología BIM?**

**Menos del 50%**  
de los involucrados UTILIZAN  
BIM

**Igual o Más del 50%**  
de los involucrados UTILIZAN  
BIM

### PLANIFICACIÓN DE FASES

Se utiliza un modelo BIM 4D para planificar con eficacia, especialmente la planificación espacial, incluidos los choques espaciales y los recorridos.

**¿Utiliza la cuarta dimensión? (Planificación de tiempos)**

SI  NO

### PLANIFICACIÓN DE FASES

**¿Cuál es el tipo de uso que maneja en la planificación de fases?**

- Comunicación**  
El modelo 4D se comparte con las distintas partes interesadas del proyecto para analizar posibles conflictos y la correcta planificación del proyecto en términos espaciales.
- Manual**  
La revisión de los conflictos temporales de espacio y estructura se realiza utilizando el 4D manualmente en el software, una persona debe revisar el modelo varias veces y analizar.
- Automático**  
Se refiere al uso del modelo 4D con software de forma automática, lo que significa que el software identifica los elementos que interfieren con otro en el mismo lugar y al mismo tiempo.

### PLANIFICACIÓN DE FASES

**¿Cómo gestiona las modificaciones o cambios constructivos? (Tipo de Enlace)**

- Manualmente**  
Actualización en cada uno de los planos y proyecciones requeridas.



- Automáticamente**  
Planos y proyecciones automatizados por vistas y cortes que son generados por un modelo.

### ANÁLISIS DEL SITIO / LUGAR / UBICACIÓN

BIM o GIS se utiliza para seleccionar y evaluar la ubicación de un solar (supereficie/terreno) y para seleccionar la posición de un edificio en el mismo solar.

**¿Qué tipo de modelo utiliza para evaluar la ubicación de los proyectos?**

- BIM**  
Modelación de Información Constructiva de toda índole.
- GIS**  
Sistema Información de Geográfica.

### ANÁLISIS DE SITIO-LUGAR-UBICACIÓN

**¿Cuál es el tipo de análisis que usa para evaluar una ubicación?**

- Localización por Visualización**  
Se conoce presencialmente el terreno en el que se realizará el proyecto.
- Opciones de emplazamiento/sitio**  
Se analizan distintas opciones de terreno con herramientas BIM.
- Localización según análisis**  
Las herramientas se utilizan para analizar las condiciones del terreno, como la luz solar o los vientos, entre otras.

### PROGRAMACIÓN ESPACIAL

Se utiliza un modelo BIM para diseñar y analizar los espacios y las zonas del proyecto para asignar a cada espacio: un uso y sus medidas.

**¿Qué tipo de modelo utiliza al analizar los espacios/zonas?**

2D  3D  BIM

### PROGRAMACIÓN ESPACIAL

¿Qué tipo de análisis de distribución espacial utiliza?

- Manual**  
Una persona debe tomar las medidas necesarias.
- Consultas/Asesorías**  
Se extraen algunos datos dispersos o específicos del modelo 3D, pero haciendo la revisión a parte.
- Reporte**  
Del programa informático se extrae una lista de espacios con sus datos correspondientes, lo que da lugar a un informe como tal.
- Automático**  
Los espacios tienen sus datos correspondientes, pero la verificación de los espacios se hace automáticamente con reglas.

## BIM: FASE DE DISEÑO

### REVISIÓN DEL DISEÑO

Proceso en el que las partes interesadas interactúan con un modelo BIM y aportan sus comentarios para validar múltiples aspectos del diseño.

¿Qué tipo de modelo utilizan los involucrados para validar los aspectos de diseño?

2D  3D  BIM

### REVISIÓN DEL DISEÑO

¿Utiliza un laboratorio inmersivo?

- SI  NO

### REVISIÓN DEL DISEÑO

¿De qué manera archiva o documenta los comentarios y necesidades constructivos de los involucrados?

- Informal**  
La revisión se lleva a cabo pero de manera informal, no hay registros formales de lo que se debe revisar.
- Formal**  
Se utiliza un formato de requisitos establecidos, para que la revisión que se registró.

### VALIDACIÓN DE CÓDIGO Y NORMATIVA

Al validar se realiza un proceso en donde se utiliza un software de validación de códigos para cotejar los parámetros del modelo de la mano de las normas de diseño o construcción específicos del proyecto.

¿De qué forma realiza la validación de normativas o códigos para la construcción?

- Manual**  
Las medidas necesarias y la validación de las normas las realiza manualmente una persona.
- Consultada**  
Toma algunas medidas del modelo, pero la validación no se hace con ningún programa informático.
- Automática**  
La validación la lleva a cabo un programa informático siguiendo unas normas establecidas.

*VALIDACIÓN DE CÓDIGO Y NORMATIVA*

**¿Qué tipo de modelo utilizan los involucrados para validar las normativas o códigos para la construcción?**

- 2D     3D     BIM

*VALIDACIÓN DE CÓDIGO Y NORMATIVA*

**Al validar con la norma de construcción ¿Cuántos de los involucrados en el proyecto utilizan metodología BIM?**

- Menos del 50%**  
de los involucrados UTILIZAN  
BIM
- Igual o Más del 50%**  
de los involucrados UTILIZAN  
BIM

*VALIDACIÓN DE CÓDIGO Y NORMATIVA*

**Al validar ¿Cuál es el nivel de simulación constructiva que utiliza?**

- Geométrica**  
Sólo existe la geometría del proyecto.
- Paramétrica**  
Existen datos paramétricos que permiten validar las normas con el modelo.

**ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD**

Es un proceso de evaluación y seguimiento de una instalación mediante un sistema métrico centrado en la sostenibilidad.

**¿Qué tipo de modelo utilizan al analizar la sostenibilidad?**

- 2D     3D     BIM

*ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD*

**¿De qué manera realiza la evaluación de la sostenibilidad un proyecto?**

- Manual**  
Los datos son tomados por una person from the model (2D, 3D).
- Consultas/Asesorías**  
Toma algunos datos del modelo, pero no se los vincula directamente con ningún programa informático.
- Automático**  
El modelo es compatible con algunos programas informáticos que permiten el análisis automático de las normas.

### *ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD*

**Al analizar la sostenibilidad ¿Cuántos de los involucrados en el proyecto utilizan metodología BIM?**

- Menos del 50%**  
de los involucrados UTILIZAN BIM
- Igual o Más del 50%**  
de los involucrados UTILIZAN BIM

### **ANÁLISIS DE LA INGENIERÍA**

Se utiliza un modelo BIM y un software especializado para realizar un análisis de ingeniería que permita identificar el método o diseño más eficiente.

**¿Qué tipo de modelo utilizan al analizar la Ingeniería?**

- 2D
- 3D
- BIM

### *ANÁLISIS DE LA INGENIERÍA*

**¿Existe la Inter-Operabilidad debido a la Compatibilidad con el software de modelación?**

- SI
- NO

### ANÁLISIS DE INGENIERÍA

**Al analizar la ingeniería ¿Cuántos de los involucrados en el proyecto utilizan metodología BIM?**

- Menos del 50%**  
de los involucrados UTILIZAN  
BIM
- Igual o Más del 50%**  
de los involucrados UTILIZAN  
BIM

### ANÁLISIS DE LA INGENIERÍA

**¿En que formato realiza la documentación ingenieril?**

- 2D
- 3D

### DESARROLLO Y CREACIÓN DE DISEÑOS

Proceso en el que se utiliza software 3D para desarrollar un Modelo de Información del Edificio. Un proyecto se diseña en un modelo BIM, donde se realizan las iteraciones típicas de un proyecto, y todo se construye directamente en el software BIM.

**¿Qué tipo de modelo utilizan al diseñar?**

- 2D     3D     BIM

### DESARROLLO Y CREACIÓN DE DISEÑOS

**¿Utiliza Modelos Generativos para realizar diferentes refinamientos constructivos con diferentes soluciones?**

- SI
- NO

### DESARROLLO Y CREACIÓN DE DISEÑOS



**Al diseñar el modelado ¿Cuántos de los involucrados en el proyecto utilizan metodología BIM?**

- Menos del 50%**  
de los involucrados UTILIZAN  
BIM
- Igual o Más del 50%**  
de los involucrados UTILIZAN  
BIM

**COORDINACIÓN 3D**

Proceso en el que se utiliza software de coordinación 3D para identificar conflictos geométricos 3D comparando modelos 3D de sistemas de construcción.

**¿Qué tipo de modelo utilizan para la identificación de conflictos geométricos?**

- 2D     3D     BIM

**COORDINACIÓN 3D**

**¿Qué tipo de análisis utilizan para la identificación de los conflictos/colisiones?**

- Manual**  
Los conflictos geométricos se identifican sin un software de detección de colisiones 3D.
- Automático**  
Utilización de programas informáticos de detección de colisiones, que identifican dos elementos en el mismo lugar.

**COORDINACIÓN 3D**

**Al coordinar la tridimensionalidad ¿Cuántos de los involucrados en el proyecto utilizan metodología BIM?**

- Menos del 50%**  
de los involucrados UTILIZAN  
BIM
- Igual o Más del 50%**  
de los involucrados UTILIZAN  
BIM

Anexo 37. Formato de entrevista dirigida a las empresas para obtener los costos al implementar la metodología BIM

➤ **COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL BIM**

**COSTOS EN FASES DE PLANIFICACION Y DISEÑO**

Considere los costos en términos ANUALES de cada uno de los elementos señalados en la encuesta, caso contrario se lo señalará en la pregunta.

**CAPACIDAD DEL PERSONAL**

**CONOCIMIENTO Y ACTUALIZACIÓN**

Se refiere a la profesión que ejerce cada empleado en la empresa en base al conocimiento de su especialidad, considerando la capacitación que este recibe para aplicar la metodología BIM.

Únicamente en las fases de planificación y desarrollo en oficina

Complete la nómina de empleados, en base al siguiente esquema mostrado:

\*En caso de manejar otro tipo de cotización describirlo mediante la entrevista:

Nº	Cargo/Actividad del profesional	Capacitado en BIM	Cantidad de Profesionales	Salario Medio Anual por profesional (\$/Año/hombre) *Incluye Seguro					Horas capacitadas en BIM al año por profesional (HH/hombre)	Costo Medio de capacitación por profesional (\$/hombre)
				A: \$6 000 a \$12 000	B: \$13 000 a \$18 000	C: \$19 000 a \$24 000	D: \$25 000 a \$30 000	E: \$31 000 a \$36 000		
0	<i>Ej. Ingeniero Eléctrico</i>	<u>SI</u> / NO	<u>2</u>	<u>A</u>	B	C	D	E	<u>40</u>	<u>a</u> / b / c / d / e / f
1		SI / NO		A	B	C	D	E		a / b / c / d / e / f
2		SI / NO		A	B	C	D	E		a / b / c / d / e / f
3		SI / NO		A	B	C	D	E		a / b / c / d / e / f
4		SI / NO		A	B	C	D	E		a / b / c / d / e / f
5		SI / NO		A	B	C	D	E		a / b / c / d / e / f
6		SI / NO		A	B	C	D	E		a / b / c / d / e / f
7		SI / NO		A	B	C	D	E		a / b / c / d / e / f
8		SI / NO		A	B	C	D	E		a / b / c / d / e / f
9		SI / NO		A	B	C	D	E		a / b / c / d / e / f
10		SI / NO		A	B	C	D	E		a / b / c / d / e / f
11		SI / NO		A	B	C	D	E		a / b / c / d / e / f



### CAPACIDAD TECNOLÓGICA

Herramientas físicas y digitales necesarias para modelado e integración de la metodología BIM utilizados en el proyecto durante las fases de PyD.

#### HARDWARE

Nº	Equipo Identificación	Especificaciones técnicas								
		Procesador			Generación/Series	RAM (GB)	Disco de almacenamiento	IGP (Integrada)	GPU (NVIDIA o RADEON)	Precio de adquisición
1		i5	i7	i9	...th	8	250 GB	SI/NO		
		R5	R7	R9	...000	16	500 GB			
		M1	M2	PRO / MAX	32	1 TB				
2							2 TB	SI/NO		
							4 TB			
3		i5	i7	i9	...th	8	250 GB	SI/NO		
		R5	R7	R9	...000	16	500 GB			
		M1	M2	PRO / MAX	32	1 TB				
4							2 TB	SI/NO		
							4 TB			
5		i5	i7	i9	...th	8	250 GB	SI/NO		
		R5	R7	R9	...000	16	500 GB			
		M1	M2	PRO / MAX	32	1 TB				
6							2 TB	SI/NO		
							4 TB			

		M1	M2	PRO / MAX		2 TB 4 TB			
7		i5	i7	i9	...th	8 16 32	250 GB 500 GB 1 TB 2 TB 4 TB	SI / NO	
		R5	R7	R9	...000				
		M1	M2	PRO / MAX					
8		i5	i7	i9	...th	8 16 32	250 GB 500 GB 1 TB 2 TB 4 TB	SI / NO	
		R5	R7	R9	...000				
		M1	M2	PRO / MAX					
9		i5	i7	i9	...th	8 16 32	250 GB 500 GB 1 TB 2 TB 4 TB	SI / NO	
		R5	R7	R9	...000				
		M1	M2	PRO / MAX					
10		i5	i7	i9	...th	8 16 32	250 GB 500 GB 1 TB 2 TB 4 TB	SI / NO	
		R5	R7	R9	...000				
		M1	M2	PRO / MAX					

#### SOFTWARE

Se refiere a los programas digitales para modelación utilizados durante el lapso PyD del proyecto.

¿Utilizó alguna herramienta de modelado en las fases PyD del proyecto?

SI

NO, solo CAD

En caso de responder SI llene las DOS matrices (con la información necesaria).

En caso de responder NO llene la PRIMERA matriz (con la información necesaria).

Describa las herramientas CAD que utiliza al planificar y desarrollar en oficina, completando la siguiente tabla:

<i>Herramientas de Diseño Asistido por Ordenador (CAD)</i>					
Programa	Versión o Año	Cantidad de equipos instalados	Tipo de licencia	Tiempo de licencia	Costo de licencia
			P : Paga E : Estudiantil G : Gratuito Otro : Especifique	A : Anual M : Mensual I : Indefinido Otro : Especifique	
AutoCAD					

ZWCAD					
CorelCAD					
CivilCAD					
Inventor					
Rhino 7					
LibreCAD					
FreeCAD					
OpenSCAD					
CREO					
Solid Edge					
Otro					
Otro					
Otro					

Describa las herramientas BIM/MODELADO que utiliza al planificar y desarrollar en oficina, completando la siguiente tabla:

<i>Herramientas de Modelado de Información de Construcción</i>					
Programa	Versión o Año	Cantidad de equipos instalados	Tipo de licencia	Tiempo de licencia	Costo de licencia
			P : Paga E : Estudiantil G : Gratuito Otro : Especifique	A : Anual M : Mensual I : Indefinido Otro : Especifique	
Revit					
ArchiCAD					
ALLPLAN					
SketchUp					
Navisworks					
Tekla Structures					
Rhinoceros					
EPANET					
ETABS					

Sap2000					
Otro					
Otro					
Otro					
Otro					

---

#### COMPATIBILIDAD

Se refiere a los protocolos digitales que permiten la interoperabilidad y compatibilidad para garantizar una adecuada integración de datos y colaboración entre múltiples programas y disciplinas en un proyecto de construcción.

*¿Ha utilizado algún complemento, Plug-ing, extensión o API Extra del paquete de modelado que tenía por defecto en algunos de los programas instalados?*

SI

NO

*Si su respuesta fue SI ¿Cuántas de estas características adicionales instaló y utilizó?*

---

*¿Cuál fue el costo total por el uso de todas estas características adicionales?*

- Gratuito
- Desde \$ 5.00 - hasta \$ 10.00
- Desde \$ 11.00 - hasta \$ 20.00
- Desde \$ 21.00 - hasta \$ 30.00
- Desde \$ 31.00 - hasta \$ 40.00
- Desde \$ 41.00 - hasta \$ 50.00
- Mas de 50.00

#### CONECTIVIDAD

Se refiere a las herramientas y portales utilizados para una integración BIM de la mano del INTERNET, para un manejo compuesto por todos los involucrados en el diseño y planificación del proyecto.

*¿Utilizó plataformas basadas en la nube o SaaS (Software como Servicio) en el proyecto para el entorno común de datos?*

SI

NO (Solo guardado en servicios de almacenamiento en la nube del programa por defecto o terceros)

---

Si respondió SI a la primera pregunta, conteste lo siguiente:

*¿Cuál o cuáles de las siguientes plataformas basadas en la nube o servicios SaaS utilizó en el proyecto para el entorno común de datos?*

Autodesk BIM 360

Bentley ProjectWise

Autodesk BIM Collaborate

Trimble Connect

- Solibri Model Viewer
- Aconex
- BIMcollab Zoom
- BIM 360 Docs
- BIMcollab Cloud Free
- BIMcollab Cloud Pro
- Revit Cloud Services Free

- Revit Cloud Services Premium
- Navisworks Freedom
- Navisworks Manage
- UsBIM
- BimPlus
- ProCore
- Otro: \_\_\_\_\_

*¿Qué tipo de licencia utilizó en el proyecto?*

- Estudiantil
- Paga
- Gratuito
- Otra: \_\_\_\_\_

*Tiempo de licencia*

- Mensual
- Anual
- Indefinido
- Otra: \_\_\_\_\_

**Si respondió a la primera pregunta NO conteste las siguientes preguntas:**

*¿Cuáles fueron los servicios utilizados para el guardado de documentación BIM y similares en la Nube?*

- GoogleDrive
- OneDrive
- DropBox
- Amazon Drive
- Propio del programa para guardado en la Nube

*¿Qué tipo de servicio utilizó en el proyecto?*

- Paga (Escriba el costo por el servicio adquirido): \_\_\_\_\_
- Gratuito
- Otra: \_\_\_\_\_

*Tiempo de servicio/licencia*

- Mensual
- Anual
- Indefinido
- Otra: \_\_\_\_\_

### **ESPACIO DE TRABAJO**

Se refiere a espacio, ambientes, ajustes, servicios e insumos necesarios para el desarrollo de modelado e integración de la metodología BIM utilizados en el proyecto durante las fases de PyD.

#### **OFICINA**

Espacio físico utilizado para el desarrollo de modelado e integración de la metodología BIM utilizados en el proyecto durante las fases de PyD.

¿Cuál fue el área utilizada por su personal para que lleve a cabo las actividades BIM en el proyecto?

- Desde 25 m<sup>2</sup> - hasta 50 m<sup>2</sup>
- Desde 50 m<sup>2</sup> - hasta 100 m<sup>2</sup>
- Desde 100 m<sup>2</sup> - hasta 150 m<sup>2</sup>
- Desde 150 m<sup>2</sup> - hasta 200 m<sup>2</sup>
- Más de 200 m<sup>2</sup> (Si es posible estimar)

En función de su respuesta anterior ¿Cuál sería el costo mensual estimado del uso del espacio físico?

- Desde \$ 100.00 – hasta \$ 150.00
- Desde \$ 160.00 – hasta \$ 200.00
- Desde \$ 210.00 – hasta \$ 250.00
- Desde \$ 260.00 – hasta \$ 300.00
- Desde \$ 310.00 – hasta \$ 400.00
- Desde \$ 410.00 – hasta \$ 500.00
- Desde \$ 510.00 – hasta \$ 750.00
- Desde \$ 760.00 – hasta \$ 1000.00
- Más de \$ 1000.00
- Propio

\*En caso de ser propio estime el precio del inmueble según el mercado local de la zona en donde se localiza

#### MOBILIARIO

Se refiere a los ajustes físicos en materia de confort y comodidad usadas por el personal para modelado e integración de la metodología BIM en el proyecto durante las fases de PyD.

(Muebles, Escritorios, Mesas, Sillas, Archiveros, etc)

¿Cuánto es el Costo Total Medio del amueblado que posee en sus instalaciones necesario al implementar BIM en los proyectos de construcción?

\$	
----	--

#### SUMINISTROS

Se refiere a los insumos necesarios utilizados por el personal de forma directa o indirecta para modelado e integración de la metodología BIM.

(Kit de herramientas de Medición, Herramientas de oficina: perforadora - cinta - grapadora - otros, carpetas, Paquetes de formatos/papeles, etc).

¿Cuánto es el Costo Medio Anual de Todos los Suministros que utiliza al implementar BIM en los proyectos de construcción?

\$/Año	
--------	--

#### SERVICIOS BASICOS

Se refiere a los servicios básicos utilizados por el personal para modelado e integración de la metodología BIM en el proyecto durante las fases de PyD.

Servicio Básico	Sí	No	Costo Mensual estimado
Agua			
Luz			
Teléfono			
Internet			
Otros sugeridos por el encuestado			